

VU Research Portal

Driel, De Breekenhof, monitoring van grondwaterspiegel archeologische vindplaatsen 2007-2010

van den Berg, M.M.; Vorenhout, M.

2010

document version

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

van den Berg, M. M., & Vorenhout, M. (2010). *Driel, De Breekenhof, monitoring van grondwaterspiegel archeologische vindplaatsen 2007-2010*. (IGBA; No. 2010-02). Vrije Universiteit.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

Driel, De Breekenhof. Monitoring van de grondwaterspiegel op twee archeologische vindplaatsen, 2007-2010

M.M. van den Berg & M. Vorenhout

Opdrachtgever: Gebroeders van Wanrooij / Gemeente Overbetuwe
Projectnummer: 2991333
Uitvoerder: Michel Vorenhout
Martine van den Berg
Instituut voor Geo- en Bio-archeologie
Vrije Universiteit Amsterdam

IGBA Rapport 2010-02

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	iii
Figuren	iii
Tabellen	iv
1. Inleiding en probleemstelling	1
2. Locatie beschrijving Breekenhof	3
2.1 Archeologie	3
2.2 Geohydrologie	4
3. Methoden en technieken	7
3.1 Installatie grondwaterpeilbuizen op de Breekenhof	7
3.2 Additionele metingen	8
3.3 Inwinnen van externe data	8
3.4 Bepaling effect huizenbouw op grondwaterstand	8
4. Resultaten	9
4.1 Grondwaterstanden in de omgeving van de Breekenhof	9
4.2 Grondwaterstanden ter plekke van de Breekenhof	13
4.3 Lithologische beschrijving boringen	18
4.4 pH bepalingen	18
5. Discussie en conclusies	19
5.1 Invloed van de omgeving op de freatische grondwaterstand	19
5.2 Freatische grondwaterstand ter plekke van de Breekenhof	19
5.3 Invloed aanleg woonwijk op freatische grondwaterstand	20
5.5 Conclusies en aanbevelingen	21
Referenties	23
Issuelist	25
Appendix A Locaties meetpunten freatische grondwaterstand Breekenhof	31
Appendix B Lithologische beschrijving boringen	35
Appendix C Grondwateronttrekkingen	39
Appendix D Ph bepalingen	41

Figuren

figuur 1 Locatie van de Breekenhof ((bron: Bel & Hamburg, 2004)	3
figuur 2 Stroomgordels in de omgeving van Driel (bron: Bel & Hamburg, 2004)	4
figuur 3 Geohydrologische opbouw ondergrond van de Breekenhof (bron: Berg et al., 2005)	5
figuur 4 Regionale, sub-regionale en lokale grondwaterstroming in een fictieve situatie (bron: Berg et al., 2005; gebaseerd op Engelen & Kloosterman, 1996).	6
figuur 5 De gemeten grondwaterstanden in meetpunt B40A0251. Gegevens verkregen bij het DINO-loket.	9
figuur 6 De gemeten grondwaterstanden in meetpunt B40A0257. Gegevens verkregen bij het DINO-loket.	10
figuur 7 Grondwaterstanden van het eerste watervoerende pakket en de waterstand van de Rijn. Gegevens verkregen bij het DINO-loket en Rijkswaterstaat.	10
figuur 8 Freatische grondwaterstanden en gewasverdamping. Gegevens verkregen bij het DINO-loket en het KNMI.	11
figuur 9 Freatische grondwaterstanden en neerslaggegevens. Gegevens verkregen bij het DINO-loket en het KNMI.	12
figuur 10 Freatische grondwaterstand gemeten in peilbuis 1, Breekenhof	14
figuur 11 Freatische grondwaterstand gemeten in peilbuis 2, Breekenhof	14

figuur 12	Freatische grondwaterstand gemeten in peilbuis 3, Breckenhof.....	15
figuur 13	Freatische grondwaterstand gemeten in peilbuis 4, Breckenhof.....	15
figuur 14	Freatische grondwaterstand gemeten in peilbuis 5, Breckenhof.....	16
figuur 15	Freatische grondwaterstand gemeten in peilbuis 6, Breckenhof.....	16
figuur 16	Freatische grondwaterstand gemeten in peilbuis 8, Breckenhof.....	17
figuur 17	Freatische grondwaterstand gemeten in peilbuis 9, Breckenhof.....	17

Tabellen

tabel 1	Gegevens geplaatste peilbuizen.....	7
tabel 2	Geselecteerde locaties van grondwatermetingen DINO-loket.....	9
tabel 3	Freatische grondwaterstanden in cm t.o.v. NAP, handmatig opgenomen.....	13
tabel 4	Boorbeschrijving peilbuis 1, monsterwinning 4 april 2007.....	35
tabel 5	Boorbeschrijving peilbuis 2, monsterwinning 4 april 2007.....	35
tabel 6	Boorbeschrijving peilbuis 3, monsterwinning 12 april 2007.....	35
tabel 7	Boorbeschrijving peilbuis 4, monsterwinning 3 april 2007.....	36
tabel 8	Boorbeschrijving peilbuis 5, monsterwinning 3 april 2007.....	36
tabel 9	Boorbeschrijving peilbuis 6, monsterwinning 3 april 2007.....	36
tabel 10	Boorbeschrijving peilbuis 7, monsterwinning 4 april 2007.....	36
tabel 11	Boorbeschrijving peilbuis 8, monsterwinning 3 april 2007.....	37
tabel 12	Boorbeschrijving peilbuis 9, monsterwinning 4 april 2007.....	37
tabel 13	pH bepalingen bodem peilbuis 1 (demi-water), monsterwinning 4 april 2007	41
tabel 14	pH bepalingen bodem peilbuis 2 (demi-water), monsterwinning 4 april 2007	41
tabel 15	pH bepalingen bodem peilbuis 3 (demi-water), monsterwinning 12 april 2007	41
tabel 16	pH bepalingen bodem peilbuis 4 (demi-water), monsterwinning 3 april 2007	41
tabel 17	pH bepalingen bodem peilbuis 5 (demi-water), monsterwinning 3 april 2007	42
tabel 18	pH bepalingen bodem peilbuis 6 (demi-water), monsterwinning 3 april 2007	42
tabel 19	pH bepalingen bodem peilbuis 7 (demi-water), monsterwinning 4 april 2007	42
tabel 20	pH bepalingen bodem peilbuis 8 (demi-water), monsterwinning 3 april 2007	42
tabel 21	pH bepalingen bodem peilbuis 9 (demi-water), monsterwinning 4 april 2007	43
tabel 22	pH bepalingen bodem peilbuis 2 (0,01M CaCl ₂), monsterwinning 16 juli 2007	43
tabel 23	pH bepalingen bodem peilbuis 5 (0,01M CaCl ₂), monsterwinning 27 juni 2007	43
tabel 24	pH bepalingen bodem peilbuis 7 (0,01M CaCl ₂), monsterwinning 27 juni 2007	44
tabel 25	pH bepalingen bodem peilbuis 9 (0,01M CaCl ₂), monsterwinning 16 juli 2007	44

1. Inleiding en probleemstelling

In januari 2007 is door de planontwikkelaar, Gebroeders van Wanrooij Projectontwikkeling, begonnen met het ophogen en bouwrijp maken van de Breekenhof te Driel (Gemeente Overbetuwe). De woningbouw is gestart in juni 2007 en vindt gefaseerd plaats tot en met juli 2013. Uit een verkennend en waarderend booronderzoek (Haarhuis et al., 1996, 1997) en een inventariserend veldonderzoek (Bel & Hamburg, 2004) is gebleken dat zich op het terrein behoudenswaardige resten bevinden uit het Neolithicum en/of de bronstijd/vroege ijzertijd. Specifiek bevinden de resten zich op de oeverwalafzettingen van een stroomgordel aan weerszijden van een restgeul.

In het verdrag van Malta wordt de bescherming en het behoud van archeologische waarden nagestreefd. In het licht van dit verdrag is besloten de archeologische vindplaats ter plekke van de Breekenhof *in-situ* te behouden; dit houdt in dat de fysieke kwaliteit van de archeologische waarden in dit terrein zo min mogelijk negatief beïnvloed dient te worden door de projectontwikkeling. Om de originele opbouw van de ondergrond niet door de bouwactiviteiten te laten verstoren, en ook om waterbeheerstechnische redenen, is het terrein eerst opgehoogd met de grond die bij de overige delen van het terrein vrij was gekomen. Ophoging van het terrein vermindert tevens eventuele grondwateroverlast aan het maaiveld (Bestemmingsplan Overbetuwe Breekenhof, 2006).

Voor een goed *in-situ* behoud van de archeologische vindplaats is het ook noodzakelijk de juiste milieukundige condities te handhaven. Voor het behoud van een groot deel van de archeologische materialen is in het bijzonder de beschikbaarheid van zuurstof in de bodem bepalend; dit zorgt voor een versnelde afbraak van onder andere organische materialen. De beschikbaarheid van zuurstof is sterk afhankelijk van de freatische grondwaterstand (Kars & Smit, 2003) op en rondom de archeologische vindplaats. De freatische grondwaterstand is de diepte in de bodem vanaf waar deze volledig verzadigd is met water¹. Er kan ruwweg gezegd worden dat de zuurstofbeschikbaarheid in de bodem onder de grondwaterstand nihil is terwijl deze daarboven doorgaans in ruime(re) mate beschikbaar is.

De freatische grondwaterstand wordt ruimtelijk en door de tijd heen beïnvloed door regionale en lokale omstandigheden; kwel vanuit de diepere watervoerende pakketten, inzijging en verdamping van neerslag, ligging en waterpeil van waterlopen en rivieren. De vraag is of de aanleg van de Breekenhof een (blijvend) effect heeft op het verloop van de freatische grondwaterstand door de tijd heen. Ook zijn er gedurende de aanleg van de woonwijk effecten te verwachten op de grondwaterstand; grondwaterbemalingen kunnen de freatische grondwaterstand tijdelijk omlaag halen.

Om te beoordelen of de milieukundige condities in het gebied, en dus de archeologische vindplaats, bedreigd worden door bovengenoemde ontwikkeling werd het opstellen en ten uitvoer brengen van een monitorings-programma, volgens de richtlijnen van Smit et al. (2006), ter plekke van de Breekenhof noodzakelijk geacht. Deze is door het IGBA, in samenspraak met het RCE, de Provincie Gelderland en de Gemeente Overbetuwe, opgesteld en ten uitvoer gebracht. Centraal in dit programma staat de vraag of de ontwikkeling van een woonwijk een aantoonbaar effect heeft op de grondwaterdynamiek ter plekke van het terrein; en vervolgens of deze verandering negatieve gevolgen voor het *in-situ* behoud met zich meebrengen. Om deze vragen te kunnen beantwoorden zijn er negen peilbuizen geplaatst die allen als doel hadden een continue meetreeks te leveren op lokale schaal. Aanvullende meetreeksen van de grondwaterstand in de omgeving van de Breekenhof zijn opgevraagd bij het DINO-loket van TNO.

In de volgende hoofdstukken staan de verschillende onderdelen van het monitorings-programma uitgewerkt. Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving van het terrein; hoofdstuk 3 beschrijft alle ondernomen metingen en dataverwerking; in hoofdstuk 4 zijn de resultaten gepresenteerd; hoofdstuk 5 presenteert de conclusies en aanbevelingen van het onderzoek.

¹ Grondwater waarin de stijghoogte alleen afhangt van de hoogte van de waterkolom, de poriëndruk is daarbij gelijk aan de hydrostatische druk. Het eerste grondwater dat men tegenkomt wanneer men gaat graven is normaal gesproken freatisch

2. Locatie beschrijving Breekenhof

De locatie van de monitoring (figuur 1) is bekend onder het toponiem De Breekenhof. In Archis is deze bekend via waarnemingen met de nummers 44687, 44688, 45126 en 45127 en objectcodes 40AZ-124 en 40AZ-125. De locatie bevindt zich in Driel in de Gemeente Overbetuwe. Tot januari 2006 was het landgebruik van deze locatie grasland, vanaf januari 2007 veranderde dit in bewoning. De maaiveldhoogte bedraagt circa NAP+8,2m met een variatie in hoogte tot enkele decimeters.



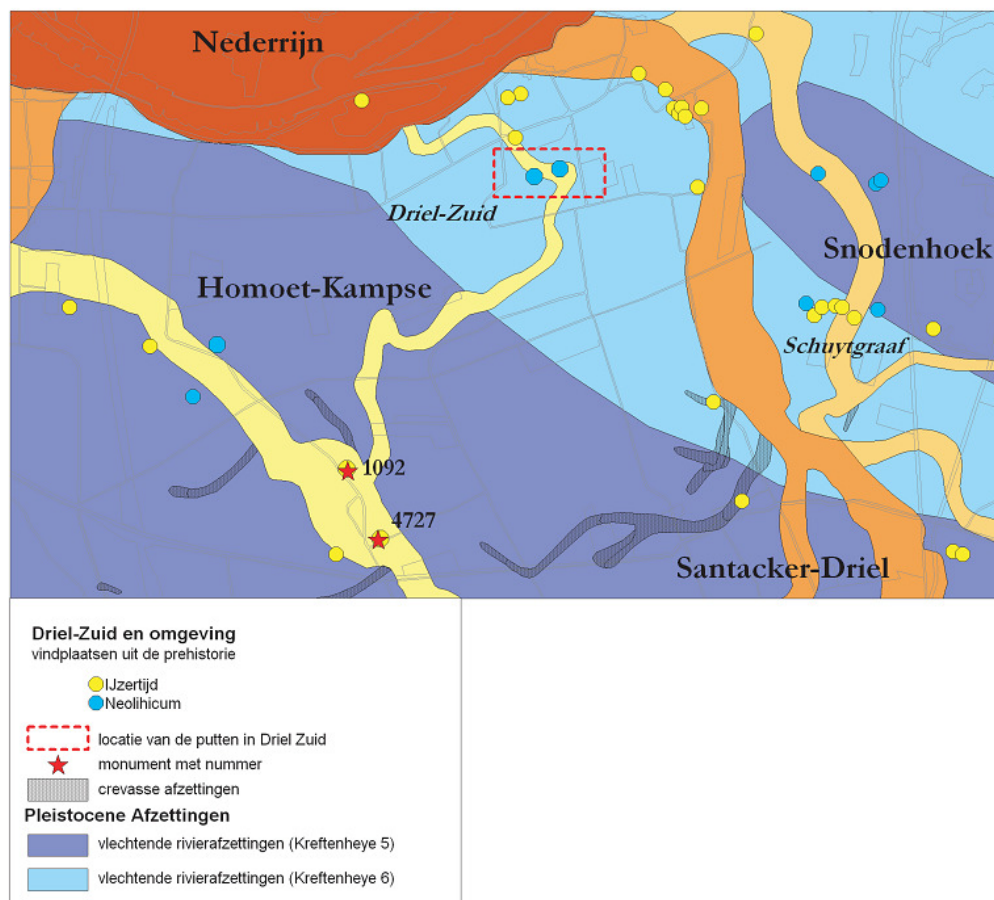
figuur 1 Locatie van de Breekenhof ((bron: Bel & Hamburg, 2004)

2.1 Archeologie

Voor een uitgebreide archeologische en geo-genetische beschrijving van het gebied wordt u verwezen naar het inventariserend veldonderzoek Driel-Zuid van Bel & Hamburg (2004), het paleogeografisch onderzoek van het rivierengebied van Berendsen & Stouthamer (2001), en het archeologische karterings- en waarderingsonderzoek van Haarhuis & Heunks (1996) en Haarhuis et al. (1997). Onderstaand volgt een beknopte samenvatting hiervan.

De Breekenhof bevindt zich in Driel-Zuid in het oostelijke deel van het rivierengebied (Gelderland). Het huidige landschap en de opbouw van de ondergrond is gevormd door de fluviale afzettingen van vlechtende en insnijdende riviersystemen uit het Pleistoceen en meanderende riviersystemen uit het Holoceen. De stijgende zeespiegel gedurende het Holoceen, en de hieraan gekoppelde grondwaterspiegel, leidde ertoe dat ten eerste de oude ingesneden geulen uit de laatste ijstijd werden opgevuld met sediment; en ten tweede dat het meanderende riviersysteem uit het Holoceen daarbovenop sediment begon af te zetten (Berendsen & Stouthamer, 2001). Op gezette tijden vond er een riviervlegging plaats; de desbetreffende afgesneden rivierarm verloor dan haar watervoerende functie, werd een restgeul die dichtslabde en zodoende opgevuld raakte met sediment. Het omliggende komgebied klonk in en de oude riviermeander kwam boven het maaiveld te liggen; de zogenaamde stroomrug. Door hun hogere ligging waren de stroomruggen gedurende de late prehistorie goede locaties voor bewoning en akkerbouw. In een nog later stadium zijn ze overdekt geraakt door jongere afzettingen en niet meer als stroomrug aan het maaiveld te herkennen. Ze worden nu aangeduid als stroomgordels.

Booronderzoek van Haarhuis en Heunks (1996) en Haarhuis et al. (1997) heeft aangetoond dat zich op het terrein van de Breekenhof twee archeologische vindplaatsen bevinden. Beiden bevinden zich op begraven oeverwallen aan weerszijden van een restgeul (figuur 2). De oeverwallen en restgeul zijn onderdeel van de Homoet-Kamp Stroomgordel; deze was 4000 tot 3290 jaar geleden actief (nr. 69 Berendsen & Stouthamer, 2001). De vondstlaag bevat grondsporen, aardewerk, steen, houtskool, verbrande klei, vuursteen en verbrand bot; de conservering van de materialen is goed te noemen. De vondstlaag die zich op 80 tot 90 centimeter onder het oorspronkelijke maaiveld bevindt (van den Bel & Hamburg 2004) is nauwelijks aangetast door erosie en zijn gaafheid kan als goed omschreven worden. Het vondstmateriaal is door Haarhuis en Heunks (1996) en Haarhuis et al. (1997) gedateerd in het Neolithicum en/of de Bronstijd en het is verondersteld dat het om een nederzettingsterrein gaat. Van den Bel & Hamburg (2004) rapporteren een datering in de vroege IJzertijd en/of late Bronstijd met een mogelijke vroegere component in het Neolithicum. Op regionaal niveau blijkt dat op dezelfde stroomrug ook andere gelijktijdige vindplaatsen aanwezig zijn, wat doet vermoeden dat er sprake is van een samenstel van woonlocaties uit de late prehistorie. Dit kan inzicht geven in de wijze waarop sociale groepen in deze periode gebruik namen van de regio.



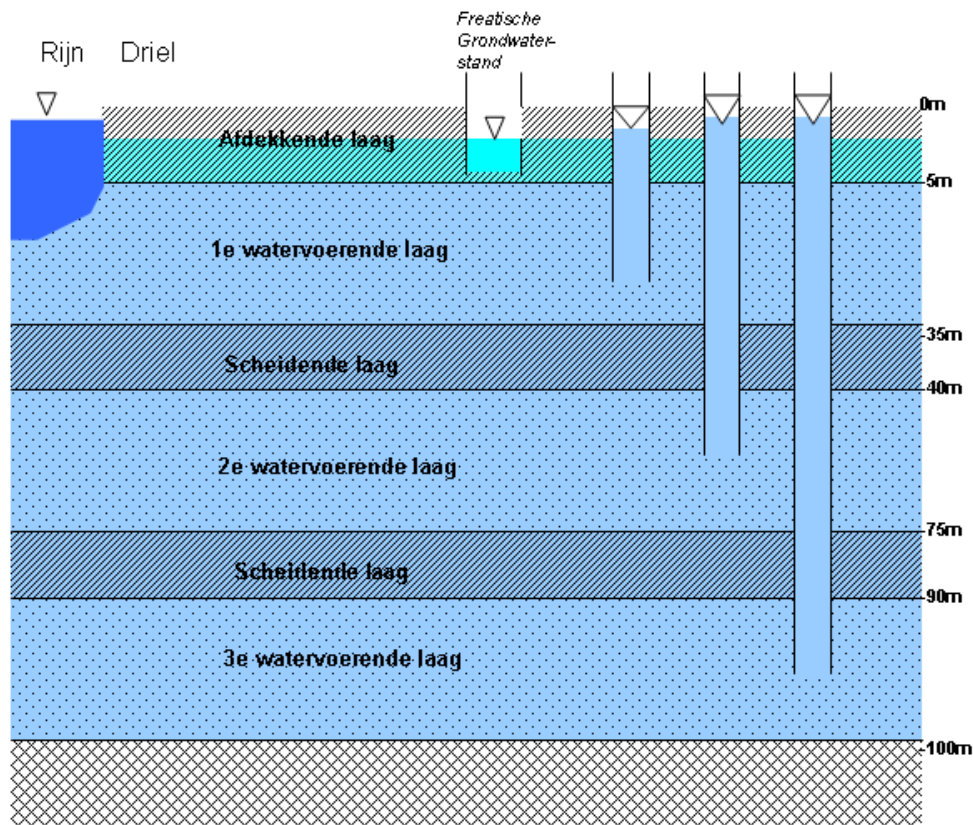
figuur 2 Stroomgordels in de omgeving van Driel (bron: Bel & Hamburg, 2004)

2.2 Geohydrologie

De locatie de Breekenhof bevindt zich in het noordoostelijk deel van het Rivierengebied. In het rivierengebied is aan de oppervlakte een slecht doorlatende deklaag van enkele meters dikte aanwezig. De opbouw is op lokale schaal lithologisch heterogeen wat valt te verklaren door de morfologische opbouw van de ondergrond. De morfologische opbouw wordt bepaald door het voorkomen van stroomgordelafzettingen (oeverwallen, geulopvullingen) en komkleien. In dit rapport wordt niet verder ingegaan op deze heterogeniteit. Ter plekke van de Breekenhof bedraagt de dikte van de deklaag circa 3 tot 5 meter². Onder de deklaag bevindt zich het

² www.dinoloket.nl, NITGnrs.. B40A0250, B40A0251, B40A0252, B40A0431, B40A0257, B40A0398

eerste watervoerende pakket (WVP1) welke gevormd wordt door de zandige afzettingen afkomstig van vlechtende rivieren en smeltwaterstromen behorende tot de Formaties van Kreftenheye (Pleistocene ijstijd) en Drenthe (Saale ijstijd). De dikte van dit pakket bedraagt ter plekke van de Breekenhof circa 25 tot 30 meter³. Onder het eerste watervoerende pakket bevindt zich de eerste scheidende laag (SL1) met een dikte van circa 5 meter⁴ met daaronder het tweede watervoerende pakket (WVP2), de tweede scheidende laag (SL2) het derde watervoerende pakket (WVP3) en de hydrologische basis. De dikte van WVP2 bedraagt circa 25 a 30 meter, van SL2 circa 15 meter en van WVP3 circa 10 meter⁵. De opbouw is schematisch weergegeven in figuur 3.



figuur 3 Geohydrologische opbouw ondergrond van de Breekenhof (bron: Berg et al., 2005)

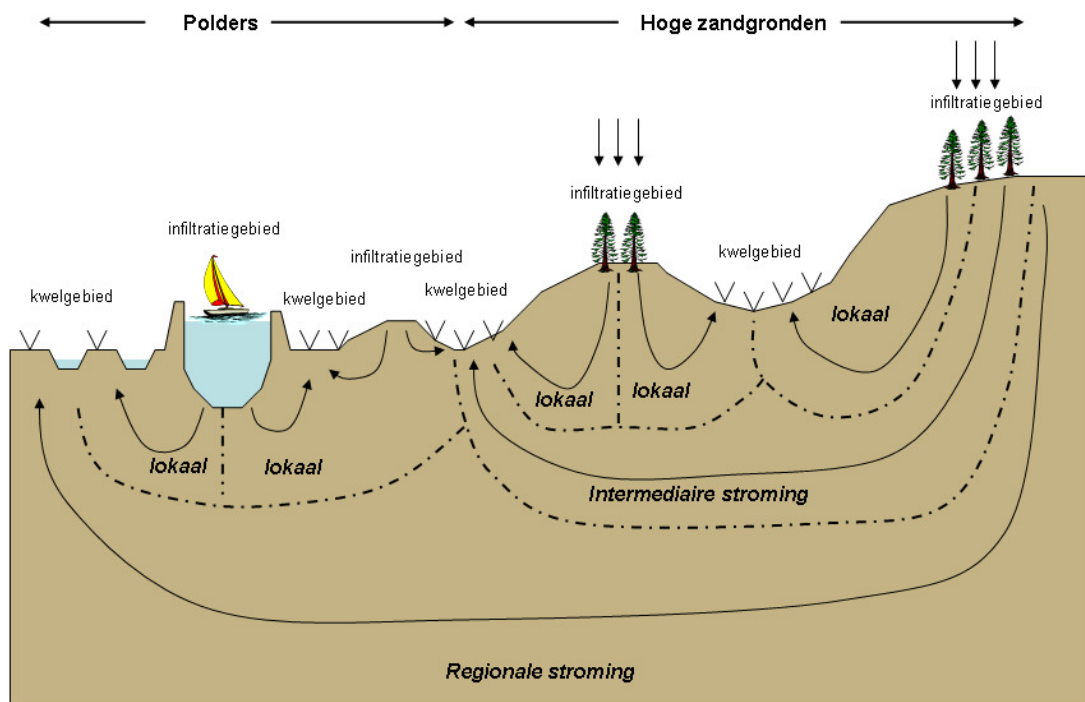
Figuur 4 presenteert een schematisch overzicht van grondwaterstromingen en de relatieve ligging van kwelgebieden ten opzichte van infiltratiegebieden. Hydrologische gezien ligt De Breekenhof in een kwelgebied; de kwel uit de diepere grondwaterstromingen is hoofdzakelijk afkomstig uit de Veluwe, meer oppervlakkig treedt er ook kwel op vanuit de Rijn (Bestemmingsplan, 2006). Het kwelwater ondervindt bij het uittreden weerstand van de deklaag; een deel van het water dat uittreedt en als overtollig wordt beschouwd wordt gedraineerd door sloten en greppels waarvan het waterpeil wordt beheerst door het waterschap Rivierenland. Het streefpeil in het peilvak waar de Breekenhof zich in bevindt bedraagt 7m20 ten opzichte van NAP (Waterschap Rivierenland). Dit houdt in dat er een drooglegging is van circa 0.8 meter. De hieruit volgende kweldruk vanuit het eerste watervoerende pakket is van invloed op de freatische grondwaterstand in de deklaag (Aelmans, 1981). Door de geringe dikte van de deklaag is de dempende werking gering en wijkt de freatische grondwaterstand weinig af van de stijghoogte van het grondwater in het eerste watervoerende pakket (Aelmans, 1981). Dit beeld wordt bevestigd door bepalingen van de grondwaterstand zoals opgenomen in de DINO-database⁶.

³ www.dinoloket.nl, NITGnrs. B40A0188, B40A0330

⁴ www.dinoloket.nl, NITGnrs. B40A0188, B40A0330

⁵ www.dinoloket.nl, NITGnrs. B40A0219, B40A0399

⁶ www.dinoloket.nl bijvoorbeeld meetpunt B40A0257



figuur 4 Regionale, sub-regionale en lokale grondwaterstroming in een fictieve situatie (bron: Berg et al., 2005; gebaseerd op Engelen & Kloosterman, 1996).

Hoewel een kwelgebied is de grondwatersituatie ter plekke van de Breekenhof intermediair. Dat wil zeggen dat afwisselend met het seizoen, waterstand van de Rijn en de meteorologische omstandigheden er wegzijging optreedt of kwel. In een gemiddelde situatie treedt er kwel op.

Al naar gelang zijn waterpeil ten opzichte van het peil van het grondwater in het rivierengebied heeft de Rijn een infiltrerende (winter) of drainerende invloed (zomer) op het poldergebied.

Seizoensinvloeden hebben vooral effect op de gemiddelde grondwaterstand. In de winter is er een neerslagoverschot, er valt meer regen dan dat er verdampt, terwijl er in de zomer sprake is van een tekort aan neerslag; over het algemeen is in de zomer de gemiddelde grondwaterstand lager dan in de winter.

Individuele regenbuien vullen het grondwater aan en kunnen de freatische grondwaterstand tijdelijk verhogen.

De grondwaterstanden variëren tussen NAP+7,8 m en +6,6 m (Bestemmingsplan, 2006).

Diepte en dynamiek van de freatische grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld wordt aangeduid met grondwatertrappen (Gt). Informatie over de grondwatertrap is opgenomen in de bodemkaart (schaal 1:50000 van Stiboka). De Gt op de bodemkaart 1:50000 geven op lokale schaal niet altijd een representatief beeld. Ter plekke van de Breekenhof is er sprake van een grondwatertrap V. Dit houdt in dat er een sterke grondwaterdynamiek heerst; de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) is ondieper dan 40 cm onder het maaiveld; de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) is dieper dan 120 cm onder het maaiveld. De wateratlas op de internetsite van de provincie Gelderland (http://geodata2.prvgld.nl/apps/wateratlas_kaarten/) geeft een GLG aan van tussen de 120-160 cm onder het maaiveld en een GHG van 5-25 cm onder het maaiveld.

3. Methoden en technieken

De binnen dit onderzoek gebruikte methoden en technieken waren erop gericht de dynamiek van de freatische grondwaterstand ter plekke van de Breekenhof in de periode 2007-2010 te meten en te interpreteren. Om de invloed van de huizenbouw goed te kunnen bepalen was het nodig een serie aan metingen voor en na de aanvang van de huizenbouw te hebben zodat vergelijking mogelijk is. De monitoring op de Breekenhof liep van april 2007 tot april 2010. In mei 2007 werd het terrein opgehoogd en daarna bouwrijp gemaakt. In juni 2007 ving de huizenbouw aan; de meetperiode van een 'onbeïnvloede' grondwaterstand is daardoor slechts 1 tot 2 maanden. Een meetserie dient minstens twee jaar lang te zijn om de invloed van de omgeving en de seizoenen te kunnen bepalen. De meetserie na aanvang van de huizenbouw is lang genoeg maar de voorafgaande serie is te kort. Op basis van de monitoring alleen is het daarom niet mogelijk om verschillen te zien tussen de tijdseries voor en na de start van de huizenbouw. Hierdoor waren we aangewezen op meetreeksen van grondwaterstanden te verkrijgen bij het DINO-loket. Tevens zijn er gegevens ingewonnen bij derden om de invloed van de omgeving te kunnen herleiden en daarmee het verloop van de grondwaterreeksen door de tijd heen te interpreteren. Onderstaand worden de binnen dit onderzoek gebruikte technieken omschreven en kort toegelicht.

3.1 Installatie grondwaterpeilbuizen op de Breekenhof

De freatische grondwaterstanden in dit programma worden gemeten door middel van peilbuizen. Voor de Breekenhof is gekozen om op 9 locaties grondwaterpeilbuizen te installeren met de filter in de deklaag; zij zijn allen in april 2007 geplaatst (tabel 1 en appendix A). De peilbuizen zijn voorzien van leveltrolls; deze dataloggers meten elke 15 minuten de druk op basis waarvan de waterstand in de peilbuis berekend is. De meetperiode heeft gelopen van april 2007 t/m april 2010. In april t/m juli 2007 zijn op verschillende tijdstippen de grondwaterstanden handmatig opgemeten t.o.v. de top van de peilbuis. De hoogte van het maaiveld t.o.v. NAP na ophoging is handmatig ingemeten op 22 november 2009. De hoogte van de top van de peilbuis t.o.v. NAP is op 4 april 2010 ingemeten met een 06GPS systeem (Trimble Rover).

tabel 1 Gegevens geplaatste peilbuizen

Naam	X	Y	maaiveld initieel tov NAP (cm)	maaiveld na ophoging tov NAP (cm)	Top van peilbuis tov NAP (cm)	Diepte van cultuurlaag cm tov NAP	RAAP vindplaats nummers/ Objectcode Archis
Pb1	184236	440841	812	838	889	710-730	Vindplaats 2 40AZ-124
Pb2	182228	440872	818	869	894	710-730	Vindplaats 2 40AZ-124
Pb3	184312	440928	858	858	853	710-730	Vindplaats 2 40AZ-124
Pb4	184439	440835	829	?	912	695-725	Vindplaats 3 40AZ-125
Pb5	184372	440802	820	861	918	695-725	Vindplaats 3 40AZ-125
Pb6	184407	440838	802	882	897	692-725	Vindplaats 3 40AZ-125
Pb7	184340	440891	795	?	875	n.v.t.	restgeul
Pb8	184303	440836	818	845	901	n.v.t.	restgeul
Pb9	184211	440701	792	856	872	n.v.t.	restgeul

3.2 Additionele metingen

De grond die in april vrijkwam bij het plaatsen van de peilbuizen is gebruikt voor de lithologische beschrijving van de bodemopbouw en pH bepalingen. Tevens zijn er nog pH bepalingen gedaan op grondmonsters die zijn ingewonnen na de ophoging van de bouwvoor. Het inwinnen van deze monsters heeft plaatsgevonden in juni 2007 en juli 2007. In alle gevallen is pH binnen twee dagen na monsterwinning bepaald in het laboratorium. De bodemmonsters zijn 2 uur lang geschud in een 0,01M CaCl₂ oplossing, de metingen zijn verricht met de Sentron pH meter.

3.3 Inwinnen van externe data

Het DINOloket van TNO is geraadpleegd voor meetreeksen van freatische grondwaterstanden en stijghoogten van het eerste watervoerende pakket (WVP1) in de nabije omgeving. Bij het Waterschap Rivierenland zijn gegevens betreffende peilbesluiten en streefpeilen opgevraagd. Waterstanden van de Rijn zijn opgevraagd bij Rijkswaterstaat. Het KNMI is geraadpleegd voor gegevens betreffende de neerslag en de gewasverdamping om een indicatie te verkrijgen van de seizoensinvloeden gedurende het jaar. De provincie Gelderland is geraadpleegd voor gegevens betreffende onttrekkingen aan het grondwater gedurende de periode 2007-2010. Onttrekkingen kunnen tijdelijke verlagingen van de grondwaterstand met zich meebrengen en gegevens hierover zijn daarom nodig bij analyse van de meetreeksen.

3.4 Bepaling effect huizenbouw op grondwaterstand

De analyse die is uitgevoerd om te bepalen of er een aantoonbaar effect is van de huizenbouw op de freatische grondwaterstand ter plekke van de Breekenhof en bestond uit de volgende stappen:

1. Het construeren en het visueel analyseren van de tijdsreeksen van de freatische grondwaterstand in de omgeving van de woonwijk de Breekenhof voor de periode 2003-2010. Dit gebeurt met gegevens die van derden zijn verkregen. (zie paragraaf 4.1 en paragraaf 5.1)
2. Het construeren en het visueel analyseren van de tijdsreeksen van de freatische grondwaterstand ter plekke van de Breekenhof voor de periode 2007-2010. (zie paragraaf 4.2 en paragraaf 5.2)
3. Vergelijking van de tijdsreeksen van de freatische grondwaterstand ter plekke van de Breekenhof met de tijdsreeksen van de freatische grondwaterstand in de omgeving voorafgaande en gedurende de aanleg met als doel de invloed van de bebouwing te onderscheiden. (zie paragraaf 5.3)
4. Vergelijking van verandering in freatische grondwaterstand met de diepteligging van de archeologische laag: Is deze bijvoorbeeld verdroogd of juist vernat geraakt? (zie paragraaf 5.4)

4. Resultaten

In dit hoofdstuk worden de gemeten en van derden ingewonnen resultaten getoond en kort toegelicht.

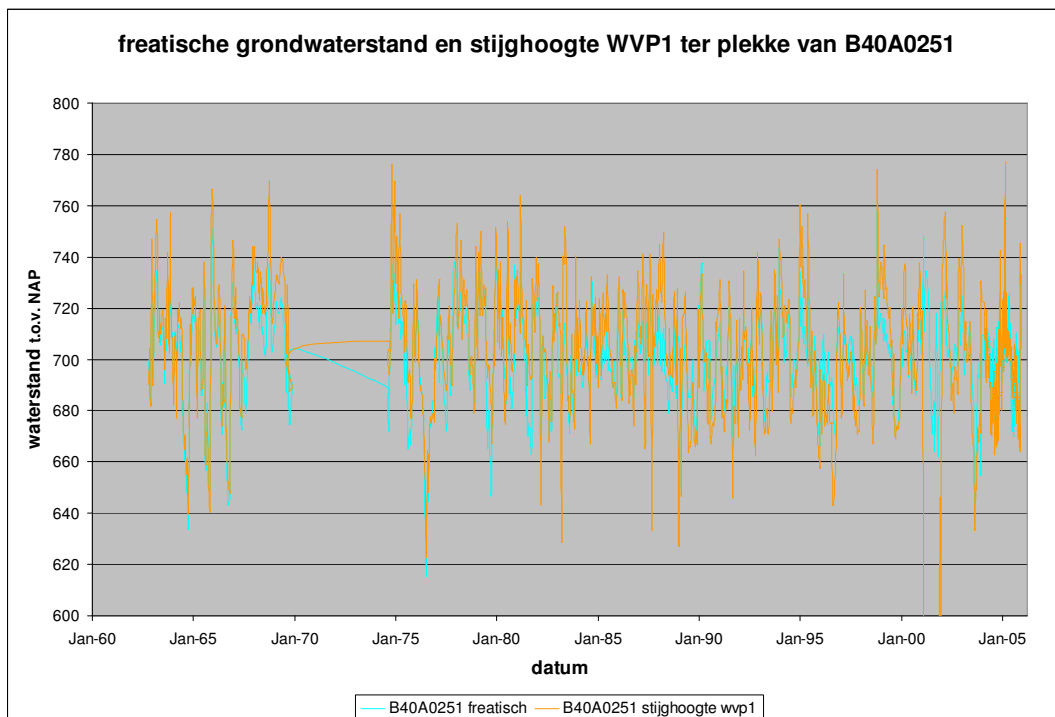
4.1 Grondwaterstanden in de omgeving van de Breekenhof

Bij het raadplegen van de grondwatergegevens van DINO-loket is geselecteerd op locatie, de lengte van de tijdsreeks, aanwezigheid meetgegevens betreffende de freatische grondwaterstand en aanwezigheid meetgegevens betreffende de stijghoogte van het 1^e watervoerende pakket. De geselecteerde locaties staan weergegeven in tabel 2.

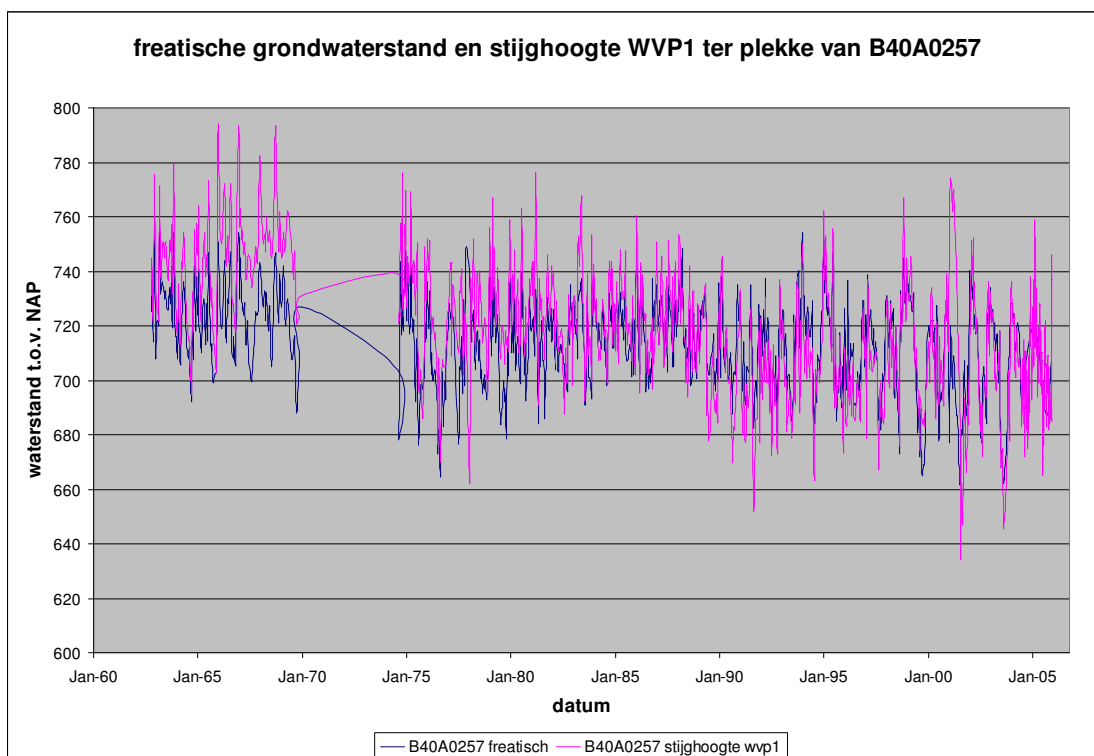
tabel 2 Geselecteerde locaties van grondwatermetingen DINO-loket

NITG-nr	X	Y	maaveld tov NAP (cm)	Freatisch	1 ^e watervoerende pakket	Datum meetreeks
B40A0251	183940	440790	769	Ja	Ja	Jan 1962 – Dec 2005
B40A0257	184620	440630	806	Ja	Ja	Jan 1962 – Dec 2005
B39F0802	179700	440460	782	Ja	Nee	Mei 1977 – Jan 2010
B40A0422	181850	438500	788	Nee	Ja	Mei 1977 – Jan 2010

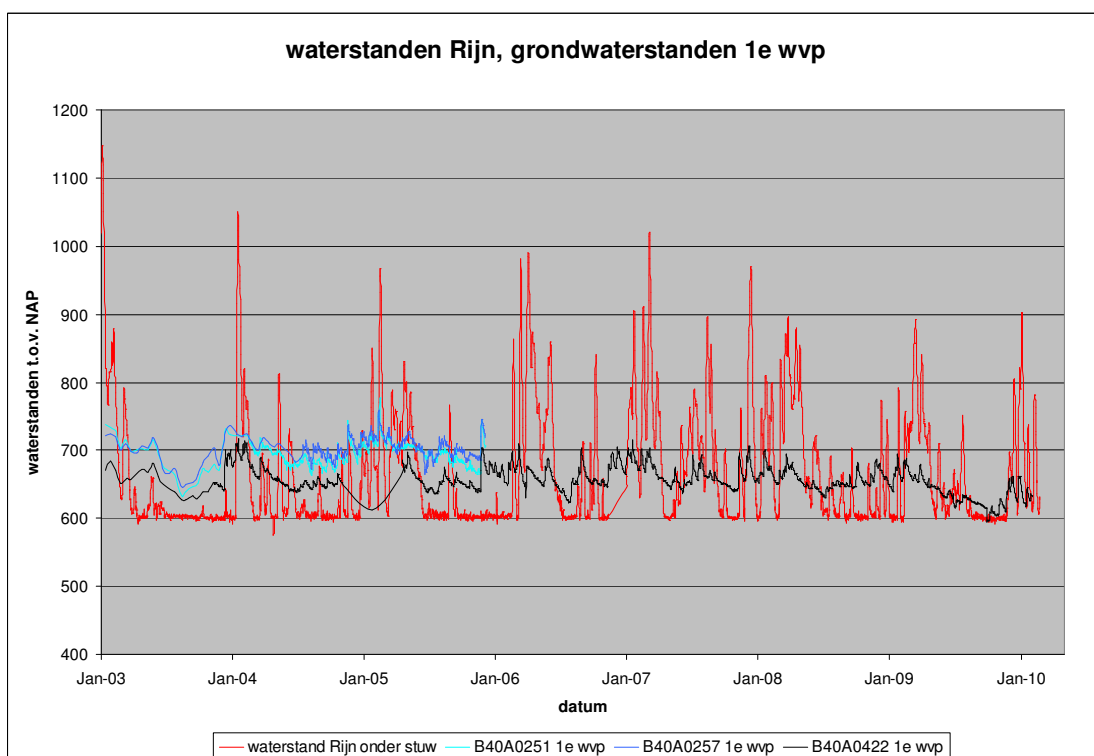
De meet locaties B40A0251 en B40A0257 zijn het dichtst gelegen bij de Breekenhof; ze bieden informatie over zowel het freatische grondwater als het grondwater van het eerste watervoerende pakket. Beide locaties worden daarom als het meest representatief beschouwd van de meetpunten van het DINO-loket voor de grondwaterdynamiek op de Breekenhof. Tevens komt het streefpeil ter plekke van B40A0257 overeen met het streefpeil van de Breekenhof. Dit geldt niet voor de locatie B40A0251. In beschouwing moet worden genomen dat de meetreeks geen informatie geeft over de periode 2005-2010, en dat het maaiveld bij deze meetpunten ruim een halve meter lager ligt dan bij de Breekenhof. De meetreeksen zijn gerepresenteerd in de figuren 5 en 6.



figuur 5 De gemeten grondwaterstanden in meetpunt B40A0251. Gegevens verkregen bij het DINO-loket.



figuur 6 De gemeten grondwaterstanden in meetpunt B40A0257. Gegevens verkregen bij het DINO-loket.



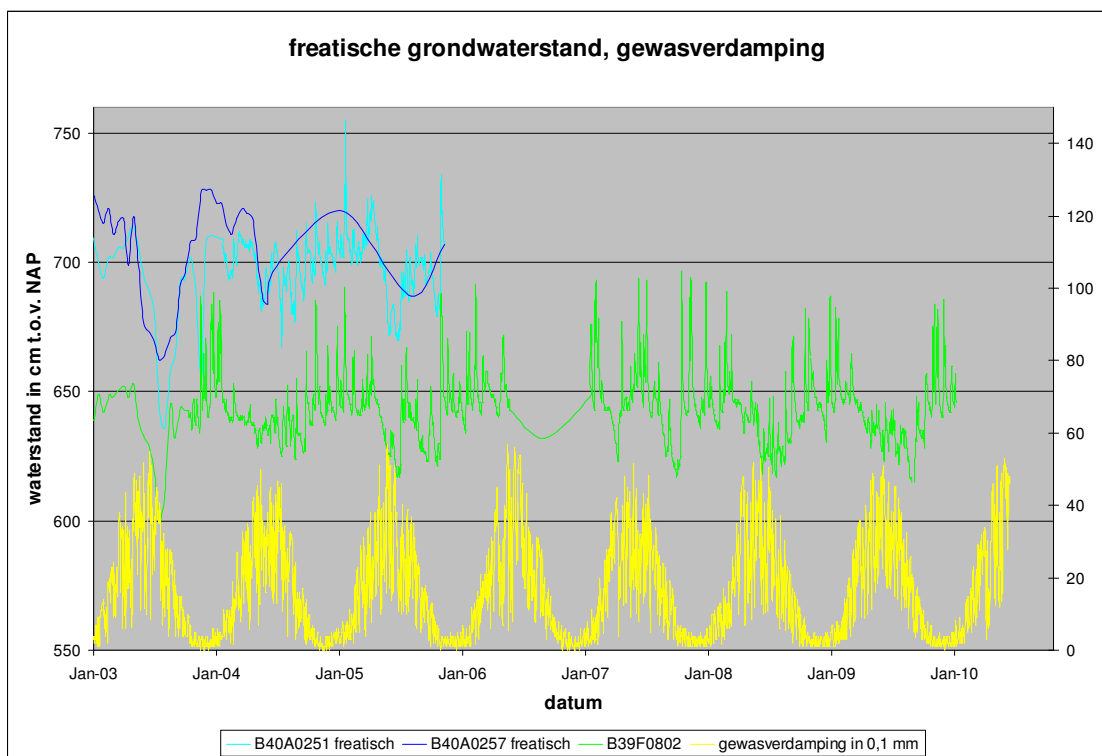
figuur 7 Grondwaterstanden van het eerste watervoerende pakket en de waterstand van de Rijn. Gegevens verkregen bij het DINO-loket en Rijkswaterstaat.

De meetlocaties B40A0422 en B39F0802 zijn circa 2,5 kilometer verwijderd van de Breekenhof en gelegen in andere streefpeilvakken. Ze zijn daardoor relatief weinig representatief betreffende absolute stand t.o.v. NAP, maar bieden indicatie over het verloop en dynamiek van de grondwaterstand voor het tijdsbestek 2005-2010.

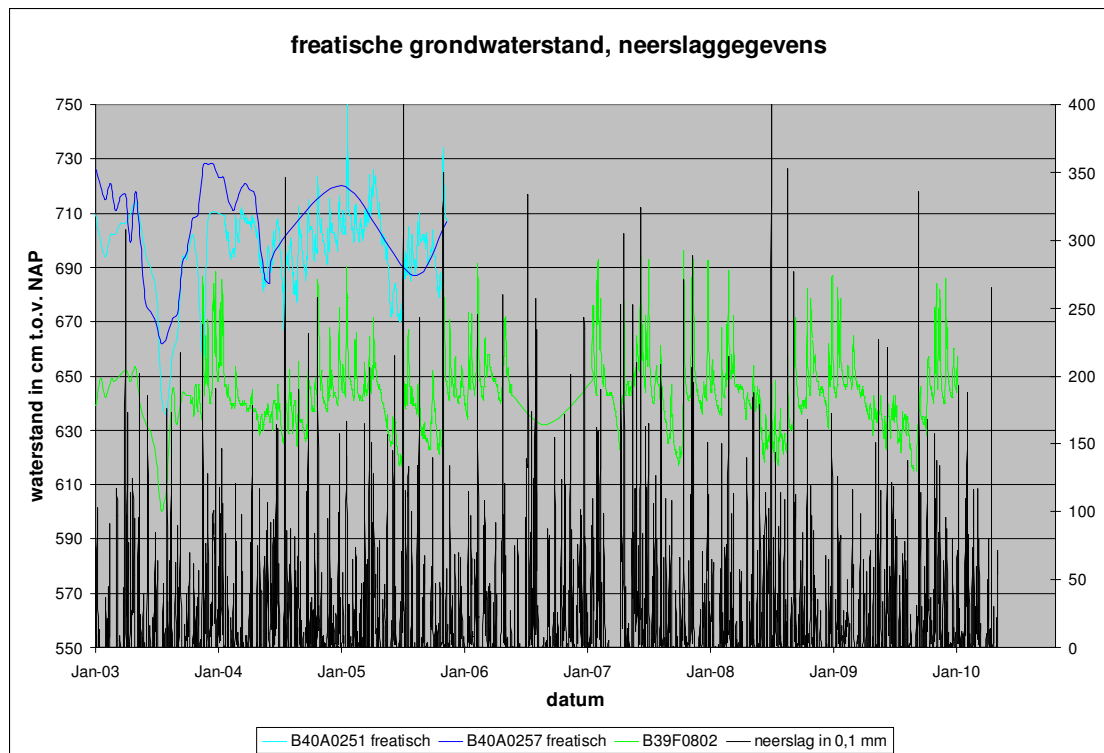
Bij Rijkswaterstaat zijn gegevens over de waterstand van de Rijn ingewonnen voor de periode 2003 – 2010. De ingewonnen data waren beschikbaar op uurbasis. Deze gegevens zijn in figuur 7 gepresenteerd samen met de metingen van de grondwaterstand in het eerste watervoerende pakket ter plekke van locaties B40A0251, B40A0257 en B40A0422 om een visuele vergelijking mogelijk te maken.

Het KNMI heeft gegevens verschaft over de dagelijkse neerslag en de dagelijkse gewasverdamping, beide in eenheden van 0,1 mm, om een indicatie te krijgen van de meteorologische variatie en de seizoensvariatie door de tijd heen. De neerslagmetingen zijn van de meetlocatie in Zetten, de gewasverdamping is ingewonnen in De Bilt. De gewasverdamping is niet direct representatief voor de verdamping die plaatsvindt op de Breekenhof maar geeft een goede indicatie voor het verloop door de tijd heen. Figuur 8 representeert de metingen van de gewasverdamping met de freatische grondwaterstand ter plekke van de locaties B40A0251, B40A0257 en B39F0802. Figuur 9 representeert de neerslaggegevens met de freatische grondwaterstand ter plekke van de locaties B40A0251, B40A0257 en B39F0802.

Gegevens over onttrekkingen aan het grondwater gedurende de periode 2007-2010 zijn te vinden in Appendix C van dit rapport.



figuur 8 Freatische grondwaterstanden en gewasverdamping. Gegevens verkregen bij het DINO-loket en het KNMI.



figuur 9 Freatische grondwaterstanden en neerslaggegevens. Gegevens verkregen bij het DINO-loket en het KNMI.

4.2 Grondwaterstanden ter plekke van de Breekenhof

In tabel 3 zijn de handmatig opgenomen freatische grondwaterstanden gepresenteerd. In de figuren 10 t/m 17 zijn de meetreeksen van de freatische grondwaterstanden gepresenteerd, zoals gemeten van april 2007 tot en met april 2010.

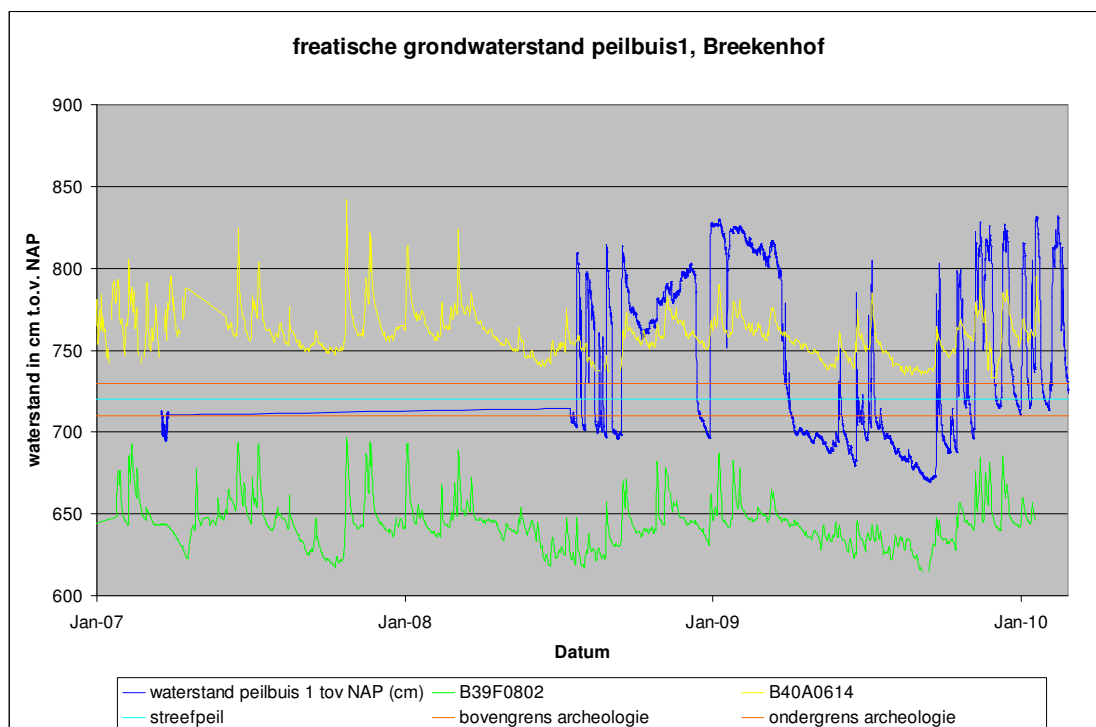
Van peilbuis 7 zijn geen meetgegevens beschikbaar omdat de locatie verloren is gegaan. Enkel peilbuizen 5, 6, 8 en 9 geven een complete meetreeks, bij de overige peilbuizen zijn er hiaten in de meetreeks te zien. Dit valt te verklaren door haperende apparatuur (peilbuis 1 en 2) of verlies van apparatuur doordat het begraven raakte als gevolg van de bouwwerkzaamheden (peilbuis 2, 3 en 4).

De gemeten grondwaterstanden zijn gepresenteerd in combinatie met de freatische grondwaterstanden gemeten op de locaties B39F0802 (in het groen) en B40A0614 (in het geel) beide ingewonnen bij het DINO-loket. Beide meetlocaties bevinden zich op circa 2,5 kilometer van de Breekenhof en bevinden zich in een ander streefpeilvak⁷. Tevens is in de figuren de diepteligging van de archeologische laag in het rood weergegeven (indien aanwezig) en in het lichtblauw de hoogte van het streefpeil ter plekke van de Breekenhof zoals gehanteerd door het Waterschap Rivierenland.

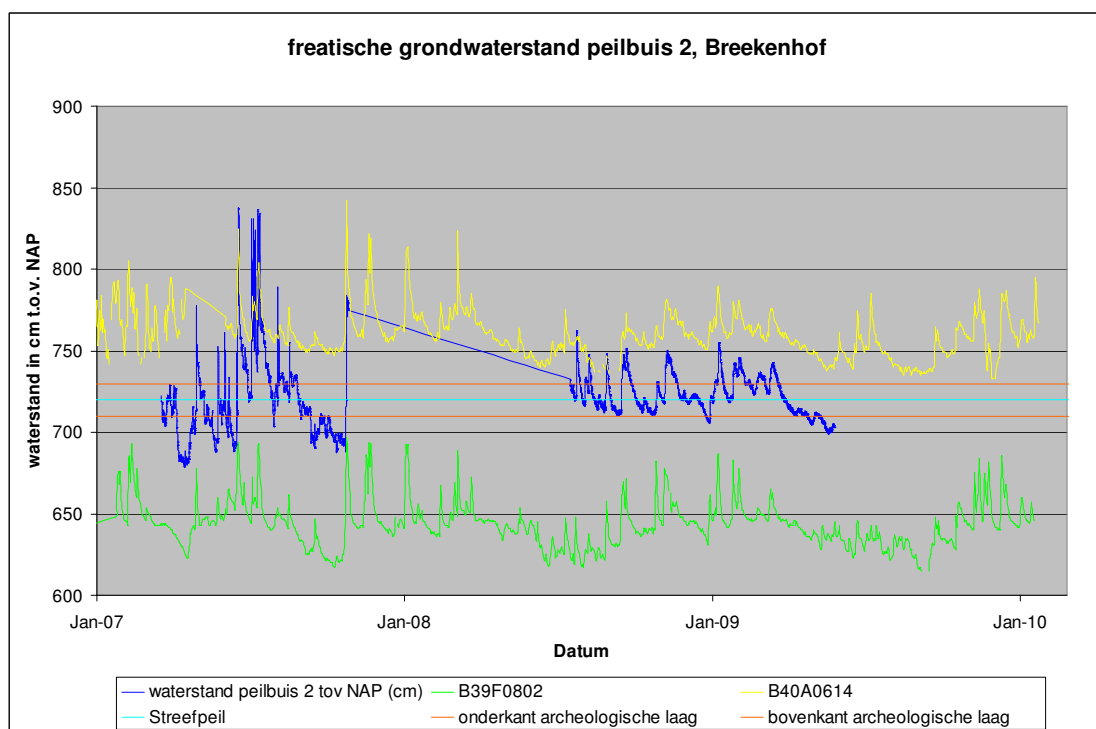
tabel 3 Freatische grondwaterstanden in cm t.o.v. NAP, handmatig opgenomen

Peilbuis	4 april 2007	12 april 2007	27 juni 2007	12 november 2007
Peilbuis 1	709	711	708	794
Peilbuis 2	714	714	715	775
Peilbuis 3	--	--	729	769
Peilbuis 4	712	710	723	786
Peilbuis 5	707	711	705	761
Peilbuis 6	715	717	721	784
Peilbuis 7	710	--	712	748
Peilbuis 8	713	707	747	827
Peilbuis 9	712	705	677	788

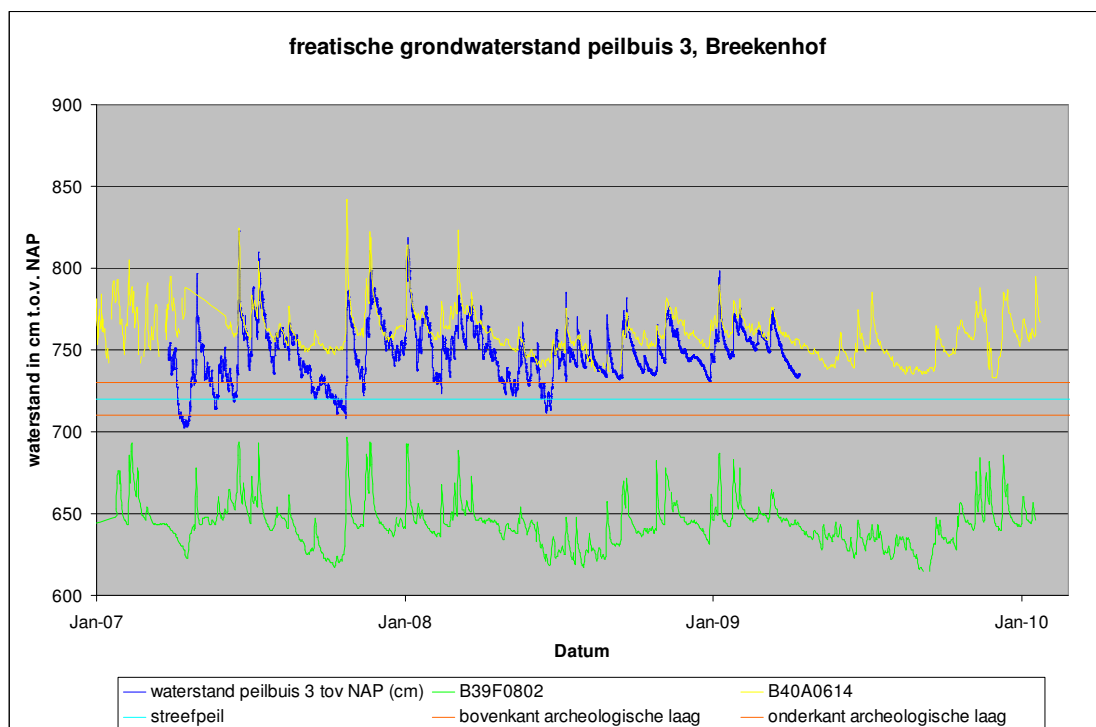
⁷ Ter plekke van peilbuis B40A0614 wordt een streefpeil gehanteerd van NAP+7,6m, ter plekke van locatie B39F0802 wordt een streefpeil gehanteerd van NAP+6,4 m.



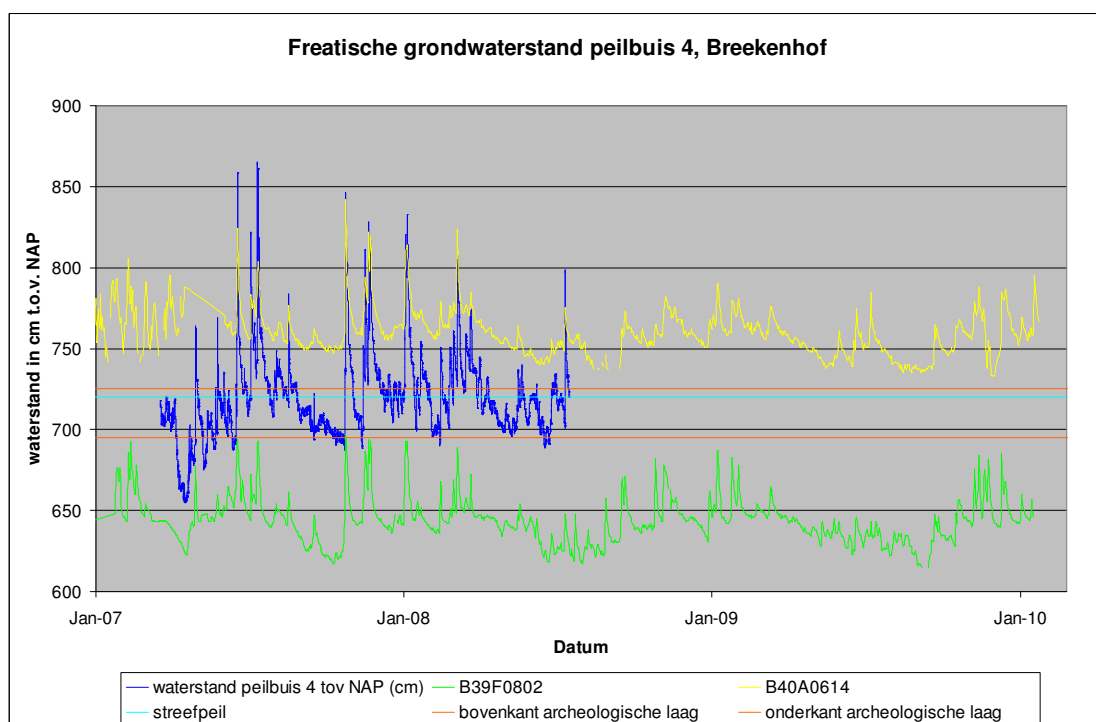
figuur 10 Freatische grondwaterstand gemeten in peilbuis 1, Breekenhof



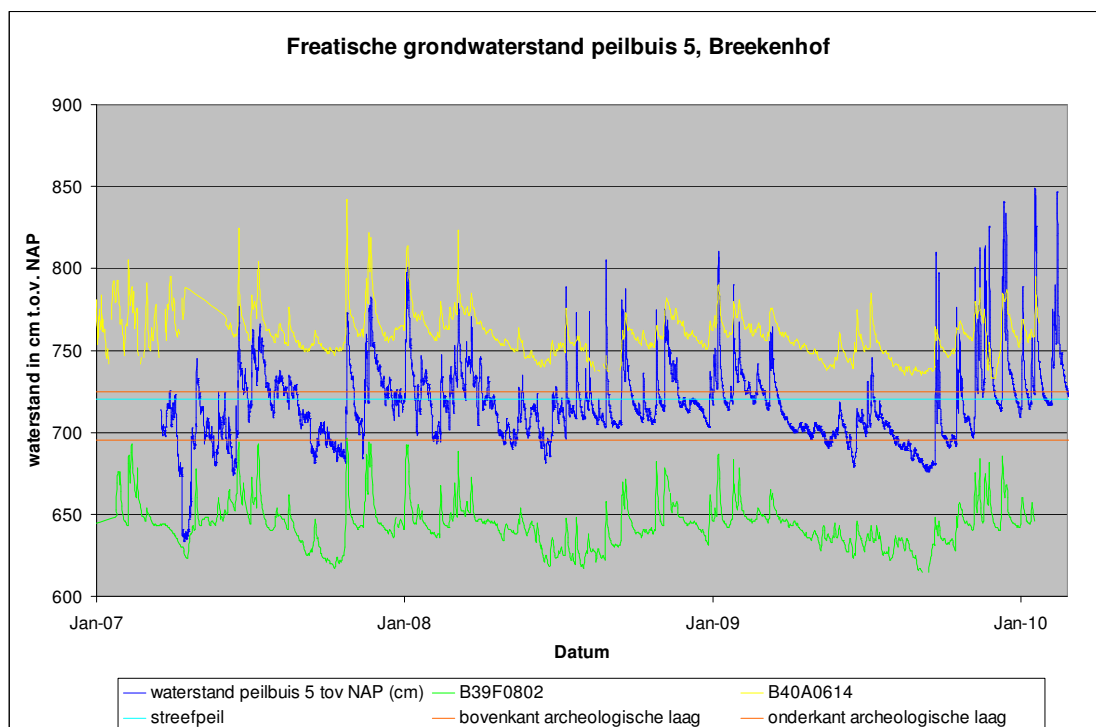
figuur 11 Freatische grondwaterstand gemeten in peilbuis 2, Breekenhof



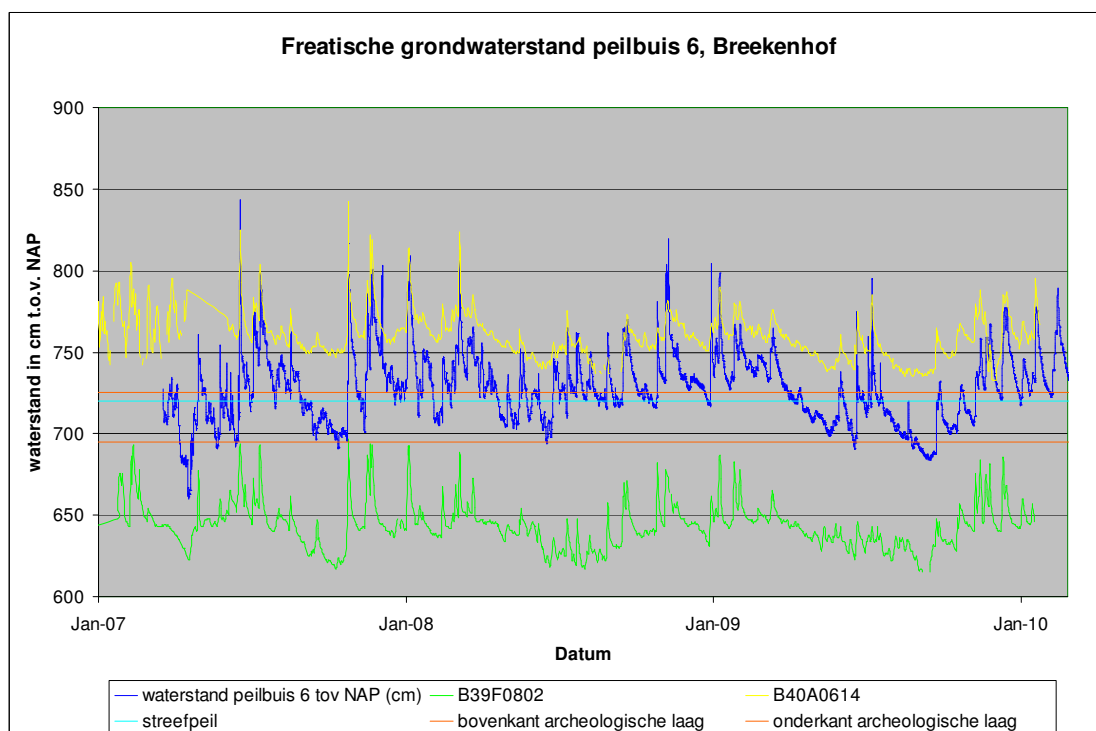
figuur 12 Freatische grondwaterstand gemeten in peilbuis 3, Breekenhof



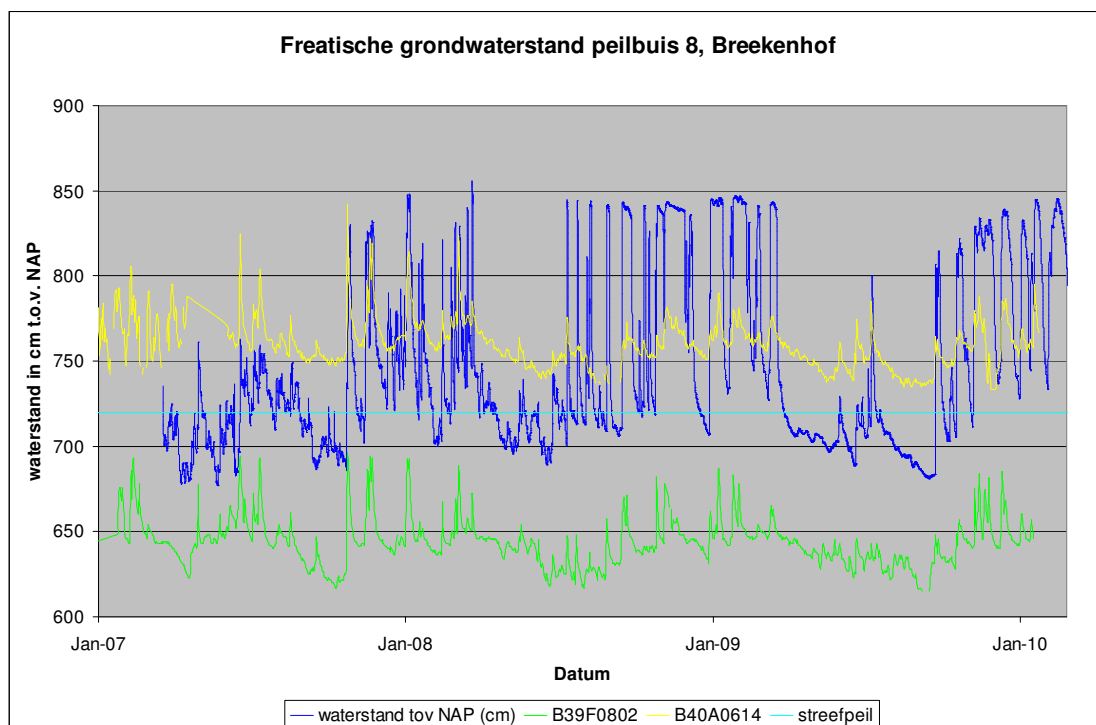
figuur 13 Freatische grondwaterstand gemeten in peilbuis 4, Breekenhof



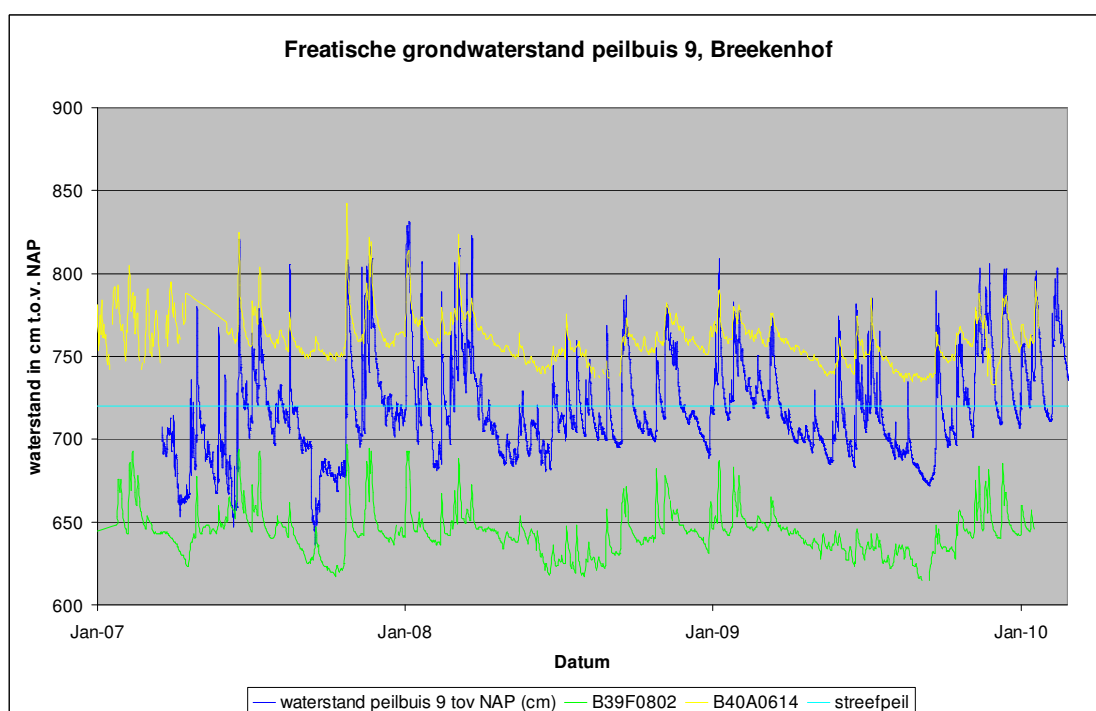
figuur 14 Freatische grondwaterstand gemeten in peilbuis 5, Breekenhof



figuur 15 Freatische grondwaterstand gemeten in peilbuis 6, Breekenhof



figuur 16 Freatische grondwaterstand gemeten in peilbuis 8, Breekenhof



figuur 17 Freatische grondwaterstand gemeten in peilbuis 9, Breekenhof

4.3 Lithologische beschrijving boringen

In appendix B zijn de boorbeschrijvingen gepresenteerd van het bodemmateriaal dat was vrijgekomen bij het plaatsen van de 9 peilbuizen van het monitoringsprogramma.

4.4 pH bepalingen

Appendix D presenteert de pH metingen aan de bodemmonsters welke genomen zijn in april 2007 (voor het ophogen van het terrein) en de pH metingen aan de bodemmonsters welke genomen zijn in juni/juli 2007 (na het ophogen van het terrein). Deze metingen zijn niet meegenomen in de discussie in hoofdstuk 5.

5. Discussie en conclusies

Binnen de discussie dienen de volgende vragen beantwoord te kunnen worden:

Wat is de invloed van de omgeving op het verloop van de freatische grondwaterstand in de onbeïnvloede situatie? Wat is het verloop van de freatische grondwaterstand ter plekke van de Breekenhof? Is het verloop van de freatische grondwaterstand ter plekke van de Breekenhof veranderd door de aanleg van de woonwijk? Wat is het effect hiervan op het behoud van de archeologische laag?

5.1 Invloed van de omgeving op de freatische grondwaterstand

Als eerste dient de relatie tussen de freatische grondwaterstand en de invloeden uit de omgeving begrepen te worden. Hierbij waren we aangewezen op de meetgegevens van het DINO-loket, Rijkswaterstaat en het KNMI. De resultaten hiervan zijn gepresenteerd in paragraaf 4.1

Literatuuronderzoek wees al uit dat er een sterke relatie bestaat tussen de freatische grondwaterstand en de grondwaterstand van het eerste watervoerende pakket. De meetreeksen van de locaties B40A0251 en B40A0257, welke zijn gepresenteerd in de figuren 5 en 6, bevestigen dit beeld; de meetreeksen van het 1^e watervoerende pakket en de freatische grondwaterstand zijn nagenoeg identiek. Hieruit kan geconcludeerd worden dat veranderingen van de grondwaterstand aan het eerste watervoerende pakket van bijna directe invloed zijn op de freatische grondwaterstand; verandering in de kweldruk vanuit het eerste watervoerende pakket (door bijvoorbeeld de Rijn) zal zich direct vertalen in een verandering van de freatische grondwaterstand.

Literatuuronderzoek wees ook uit dat er een sterk verband bestaat tussen de grondwaterstand van het eerste watervoerende pakket en de waterstand van de Rijn. Ook dit wordt bevestigd door de meetreeksen van de waterstand van de Rijn en de locaties B40A0251, B40A0257 en B40A0422, welke gepresenteerd zijn in figuur 7. Op basis van de meetreeksen is te zien dat periodes van hogere waterstanden van de Rijn aan het einde van de winter resulteren in periodes van hogere grondwaterstanden; het water wordt aangevuld door kwel vanuit de Rijn. Periodes van lagere waterstanden leiden tot periodes van lagere grondwaterstanden; de Rijn heeft een drainerende werking op het grondwater.

Tevens is er een seizoenaal verband te zien tussen gewasverdamping en de freatische grondwaterstand, zoals gepresenteerd in figuur 8. In periodes van hoge gewasverdamping (mei tot en met september) is de freatische grondwaterstand lager, en in periodes van een lage gewasverdamping is de freatische grondwaterstand hoger. Dit valt te verklaren door een grotere verdamping van het bodemvocht en regenwater waardoor er minder aanvulling van het grondwater door neerslag plaatsvindt; het gevolg is dat deze daalt. Periodes van lage gewasverdamping komen doorgaans overeen met hogere waterstanden van de Rijn, en omgekeerd komen periodes van hoge gewasverdamping overeen met lagere waterstanden van de Rijn. Het effect van waterstanden van de Rijn en verdamping is daardoor cumulatief; dit betekent dat periodes van lagere grondwaterstanden veroorzaakt door lage waterstanden van de Rijn worden versterkt door een sterke verdamping; periodes van hogere grondwaterstanden door hogere waterstanden van de Rijn worden versterkt door een lage verdamping. Op basis van de meetreeksen van grondwaterstanden is echter niet te zien hoe groot het individuele aandeel is.

Ten slotte is er ook een verband te zien tussen de freatische grondwaterstand en individuele regenbuien; individuele regenbuien veroorzaken een kortstondige stijging van de grondwaterstand en kan zeer sterk zijn. Dit is gepresenteerd in figuur 9 van dit rapport.

Door deze verschillende invloeden vertoont de grondwaterspiegel in de nabije omgeving van de Breekenhof een relatief sterke fluctuatie; er heerst een sterke grondwaterdynamiek.

5.2 Freatische grondwaterstand ter plekke van de Breekenhof

De figuren 10 tot en met 17 vertonen allen een grote fluctuatie van de freatische grondwaterstand rondom het streefpeil van NAP +7,2 m.

De peilbuizen 2, 4, 5, 6 en 9 vertonen een fluctuatie van circa NAP +6,8m tot NAP +7,5 m, met individuele uitschieters tot NAP +8,0 a 8,5 m, in het bijzonder bij peilbuis 9. Daarnaast vertonen de peilbuizen 4, 5, 6 en 9 in april/mei 2007 een uitschieter naar beneden naar NAP +6,5m en

peilbuis 9 vertoont ook in juni en september 2007 een uitschieter naar NAP +6,5 m. Er is geen directe verklaring voor deze uitschieters naar beneden maar ze zouden bijvoorbeeld verband kunnen houden met een bronbemaling die plaats heeft gevonden ter plekke van de Breekenhof in 2007 (zie appendix C).

Peilbuis 3 vertoont een fluctuatie van NAP +7,1 m tot NAP +7,7 m.

De peilbuizen 1 en 8 vertonen ten opzichte van de overige peilbuizen een zeer afwijkend beeld. De grondwaterstand vertoont een sterke fluctuatie tussen NAP +6,8 m tot 8,25 m. Vooral gedurende de periode augustus 2008-april 2009 zijn forse en langdurige uitschieters naar NAP +8,5 m waar te nemen.

5.3 Invloed aanleg woonwijk op freatische grondwaterstand

Om de invloed van het veranderende landgebruik en bouwactiviteiten, zoals ophogen, aanleggen van cunetten en bouwen van huizen goed te kunnen bepalen was het nodig een serie aan metingen voor en een serie aan metingen na de aanvang van de huizenbouw te hebben. Deze twee kunnen met elkaar worden vergeleken indien beide series lang genoeg zijn om alle normale variatie te beschrijven. De monitoring op de Breekenhof liep van april 2007 tot april 2010. In juni 2007 ving de huizenbouw aan; de meetperiode van een 'onbeïnvloede' grondwaterstand is daardoor slechts 3 maanden. Een meetserie dient minstens een jaar lang te zijn, maar nog liever meerdere jaren, om de invloed van de omgeving en de seizoenen te kunnen bepalen (Smit et al., 2006). De meetserie na aanvang van de huizenbouw is lang genoeg maar de voorafgaande serie is te kort. Op basis van de monitoring alleen is het daarom niet mogelijk om verschillen te zien tussen de tijdseries voor en na de start van de huizenbouw en kunnen we geen conclusies trekken over het effect ervan op de freatische grondwaterspiegel.

De enige mogelijkheid om tot een uitspraak te kunnen komen was door een visuele vergelijking te maken met de grondwaterreeksen van de locaties B39F0802 en B40A0614 zoals te vinden in de DINO-database. Deze locaties bevinden zich op circa 2,5 kilometer afstand en in onbebouwd gebied; ze geven daardoor een indicatie van een onbeïnvloede situatie. Het forse verschil in hoogte van de grondwaterstand ten opzichte van NAP is te verklaren door verschillen in maaiveldhoogte en streefpeil van het oppervlaktewater. Ter plekke van de Breekenhof is het streefpeil NAP+7,2m, ter plekke van B39F0802 is het streefpeil NAP+6,4 en ter plekke van B40A0614 bedraagt deze NAP+7,6. Als je het hoogteverschil buiten beschouwing laat en kijkt naar het verloop van de reeksen vallen er wel wat conclusies te trekken. De meetreeksen in de peilbuizen van de Breekenhof vertonen in grote lijnen hetzelfde verloop als die in de peilbuizen van de omgeving maar de amplitude van de fluctuatie lijkt wat groter te zijn; er zijn sterkere uitschieters naar boven en naar beneden. Dit is in het bijzonder waar te nemen in peilbuizen 1 en 8.

5.4 Invloed aanleg woonwijk op het behoud van de archeologische laag

In de figuren 10 tot en met 17 is de hoogteligging van de archeologische laag gepresenteerd ten opzichte van de freatische grondwaterspiegels. Hieruit valt te concluderen dat de grondwaterspiegel zich afwisselend boven en onder de archeologische laag bevindt.

Het is echter aannemelijk dat de archeologische laag ook al voor de aanleg langdurig aan een dergelijke afwisseling is blootgesteld. Dit is te onderbouwen met het verloop van de freatische grondwaterstand zoals waar te nemen op de locaties B39F0802 en B40A0614; als je deze meetreeksen transposeert rondom het streefpeil van NAP +7,2 m dan kom je tot de conclusie dat de archeologische laag ook dan onderhevig is aan een dergelijke afwisseling. Ook wordt er in het bestemmingsplan van de Breekenhof (2006) al gerept over een fluctuatie tussen NAP +7,8 m en + 6,6 m.

Kennelijk hebben de perioden van lagere grondwaterspiegels geen negatieve invloed gehad op de archeologische vindplaatsen zoals nu te vinden zijn. Hiervoor zijn enkele verklaringen te bedenken:

- de meest gevoelige materialen, zoals hout, zijn al vergaan en alleen de materialen die chemisch minder reactief zijn, zijn overgebleven;
- vlak boven de grondwaterspiegel zijn de bodemporiën vaak gevuld met water door de capillaire werking, hierdoor kan er geen zuurstof bijkomen; Binnen dit onderzoek is hiervan geen vaststelling gemaakt door middel van bodemvochtmetingen maar is wel aannemelijk

- door de kleiige samenstelling van de bodem kon zuurstof slechter de archeologische laag bereiken.

5.5 Conclusies en aanbevelingen

Uit visuele vergelijking met meetreeksen van het grondwater van peilbuizen in de omgeving kan geconcludeerd worden dat de aanleg van de woonwijk een effect lijkt te hebben op het verloop van de freatische grondwaterstand ter plekke van de Breekenhof. De meetreeksen in de peilbuizen van de Breekenhof vertonen in grote lijnen hetzelfde verloop met de meetreeksen in de omgeving maar de amplitude van de fluctuatie is in veel gevallen groter. Het is echter niet mogelijk om het effect te kwantificeren louter en alleen op basis van peilbuisgegevens van de Breekenhof daar de meetreeksen daar te kort voor zijn.

Ook is het aannemelijk dat de veranderingen in het verloop van de freatische grondwaterstand geen positieve of negatieve gevolgen hebben voor het behoud van de archeologische vindplaatsen. Tijdens en na de aanleg vertonen de meetreeksen een grondwaterspiegel die zich afwisselend boven en onder de archeologische laag bevindt. Echter de archeologische laag was hoogstwaarschijnlijk al voor de aanleg van de woonwijk blootgesteld aan dergelijke fluctuaties. Dit valt te verklaren door de grondwatersituatie ter plekke van de Breekenhof: het is een intermediair kwelgebied.

Ten slotte is er geen afnemende of toenemende trend in het verloop van de grondwaterstand waar te nemen binnen de meetreeksen ter plekke van de Breekenhof. Op basis van de meetreeksen kan niet geconcludeerd worden dat er een toenemende vernatting of verdroging van de archeologische vindplaatsen plaats aan het vinden is.

Los van het *in-situ* behoud van de archeologische vindplaatsen zijn er nog algemene hydrologische conclusies te trekken en aanbevelingen te maken. Het onderlinge verschil in het verloop van de grondwaterstanden ter plekke van de Breekenhof, en het verschil tussen de grondwaterstanden van de Breekenhof en de grondwaterstanden van de omgeving toont aan dat on-site metingen noodzakelijk zijn indien een representatief beeld van de lokale grondwaterstand vereist is bijvoorbeeld in het kader van stedelijk waterbeheer. Het bestemmingsplan van de Breekenhof (2006) rept over een duurzaam stedelijk waterbeheer en het voorkomen van grondwateroverlast. Indien in het kader van deze duurzaamheid bijvoorbeeld besloten wordt tot monitoring van het grondwater binnen de wijk, dan is het aan te bevelen de voor dit project ingewonnen grondwaterdata hierin op te nemen.

Referenties

- Aelmans, F.G. (1981) *Grondwaterkaart 29, Arnhem West, inventarisatierapport*. Dienst Grondwaterverkenning TNO Delft.
- Bel, M. van den & T. Hamburg (2004) *Inventariserend Veldonderzoek Driel-Zuid*. Archeologisch Onderzoek Leiden BV, Archol Rapport 37.
- Berendsen, H.J.A. & Stouthamer, E. (2001) *Palaeographic development of the Rhine-Meuse delta, the Netherlands*. Assen, 2001
- Berg, M.M. van den, Aalbersberg, G. & Heeringen, R.M. van (2006) *Archeologische kwaliteit op peil. Bestaande grondwatermeetnetten en het erfgoedbeheer*. Geoarchaeological and Bioarchaeological Studies 5, Vrije Universiteit Amsterdam.
- Bestemmingsplan, Overbetuwe, de Breekenhof (2006). Plannummer 9397.00, opdrachtgever L.C. Snel
- Engelen, G.B. and Kloosterman, F.H., 1996 *Hydrological systems analysis: methods and applications*. Kluwer Academic, Netherlands.
- Haarhuis, H.F.A., Exaltus, R.P. & Haaster, H. van (1997) *Gemeente Heteren, Melkweide en Driel-Zuid. Waarderend en aanvullend onderzoek van archeologische vindplaatsen*. Stichting RAAP, Amsterdam, RAAP-Rapport 263.
- Haarhuis, H.F.A. & Heunks, E. (1996) *Gemeente Heteren, Melkweide, Randwijk-West en Driel-Zuid. Een archeologische kartering en waardering*. Stichting RAAP, Amsterdam, RAAP-Rapport 161.
- Kars, H. & Smit, A. (2003) *Handleiding Fysiek Behoud Archeologisch Erfgoed, degradatiemechanismen in sporen en materialen, monitoring van de conditie van het bodemarchief*. Geoarchaeological and Bioarchaeological Studies 1, Vrije Universiteit Amsterdam.
- Smit, A., R.M. van Heeringen & E.M. Theunissen (2006) *Archaeological Monitoring Standard. Guidelines for a non-destructive recording and monitoring of the physical quality of archaeological sites and monuments*. Nederlandse Archeologische Rapporten 33. Rijksdienst voor archeologie, cultuurlandschap en monumenten. Amersfoort 2006.

Issuelist

2003-01

G. Aalbersberg (2003) *Diatomeeënonderzoek aan IJzertijd-aardewerk van de opgraving Vinkenburg*; IGBA Rapport 2003-01, pp. 12

2003-02

H. Kars (2003) *Slijpplaatjesonderzoek aan zogenaamd Zuid-Nederlands handgemaakt aardewerk*; IGBA Rapport 2003-02, pp. 9

2003-03

G. Aalbersberg (2003) *Korrelgroottemetingen aan materiaal van de sites Lomm en Koeweide*; IGBA Rapport 2003-03, pp. 4

2004-01

A. Kattenberg (2004) *Magnetisch onderzoek in de Maasvallei: een methodologisch onderzoek*; IGBA Rapport 2004-01, pp. 13

2004-02

A. Kattenberg (2004) *Grondradar onderzoek rond de kerk in Elst*; IGBA Rapport 2004-02, pp. 12

2004-03

A. Kattenberg (2004) *Meerssen-Onderste Herkenberg, een magnetisch onderzoek*; IGBA Rapport 2004-03, pp. 16.

2004-04

S. Oonk (2004) *Geochemisch onderzoek in de Maasvallei*; IGBA Rapport 2004-04, pp. 19.

2004-05

G. Aalbersberg & K. Sykora (2004) *Report on the preliminary investigation of the Nicopolis archaeological area and surroundings*; IGBA Rapport 2004-05, pp. 19

2004-06

Vervallen, zie NAR30, ROB

2004-07

G. Aalbersberg (2004) *Grindanalyses aan Romeins materiaal uit de Leidsche Rijn*; IGBA Rapport 2004-07, pp.11.

2005-01

K.J.R. Kerckhaert & A.E. Kattenberg (2005) *Geofysisch onderzoek bij L'Amastuola, Italië (campagne 2004)*; IGBA Rapport 2005-01, pp. 14.

2005-02

M. Jans (2005) *Degradatie archeologisch bot Raalte-Heeten*; IGBA Rapport 2005-02, pp. 6.

2005-03

S. Leevers (2005) *Een analyse van de ijzerproductie in Raalte en Heeten (AD 250-350)*; IGBA Rapport 2005-03, pp. 23

2005-04

G. Aalbersberg & A.J.M. de Kraker (2005) *Reconstructie van het stroomgebied van de Westerschelde tussen 1550 en 2000 aan de hand van kaarten en de bedijkingsgeschiedenis* IGBA Rapport 2005-04, pp. 71.

2005-05

A. Smit, A. Beeker & R.M. van Heeringen (2005) *Ontwikkeling van instrumenten om de pH en redoxpotentiaal in de onverzadigde van de bodem te meten; eindrapport*. IGBA rapport 2005-05, pp. 20.

2005-06

M. Jans (2005) *De conservering van archeologisch bot te Stede Broec* IGBA rapport 2005-06, pp. 10

2005-07

A. Smit (2005) *Redoxpotentiaalmetingen op een archeologisch monument en onder een naastgelegen gronddepot te Beuningen*. IGBA rapport 2005-07, pp. 11

2005-08

A. Kattenberg (2005) *Magnetische prospectie van ijzerproductieplaatsen: Heeten-Hordelman. Een methodologisch onderzoek*. IGBA rapport 2005-08, pp. 22

2005-09

S. Oonk (2005) *Geochemische prospectie Zijderveld*. IGBA rapport 2005-09, pp. -.

2005-10

A. Smit (2005) *Redoxpotentiaalmetingen in grondsporen te Meteren-Hondsgemet (gemeente Geldermalsen)*. IGBA rapport 2005-10, pp. 15

2005-11

L.M. Kootker, H. Kars (2005) *Physical, chemical and biological deterioration of the Roman theatre in Ancient Nikopolis, Epirus, Greece; A Preliminary Report*. IGBA rapport 2005-11, pp. 49

2005-12

L.J.T. Janssen, A.L.H. Storme, S.J. Kluiving (2005) *'Ancient landscape in Roman Nikopolis' Reconstruction of geomorphology and vegetation in the area of the Roman city of Nikopolis, Epirus, Greece; A Preliminary Report*. IGBA rapport 2005-12, pp. 75

2006-01

Drs. M. Dekker, Drs. A. Kattenberg (2006) *Elektrisch weerstandsonderzoek Meteren Plantage, Geldermalsen, Huis te Meteren en Kasteel Blanckenstijn*. IGBA rapport 2006-01, pp.15

2006-02

L.J.T. Janssen & A.L.H. Storme (2006) *'Ancient landscape in Roman Nikopolis' Reconstruction of geomorphology and vegetation in the area of the Roman city of Nikopolis, Epirus, Greece*. IGBA report 2006-02, pp.156

2006-03

Drs. M. Dekker, Drs. A. Kattenberg (2006) *Elektrisch weerstandsonderzoek Varik Molenblok, gemeente Neerijnen, Huis Varik*. IGBA rapport 2006-03, pp. 11

2006-04

T. Verschoor (2006) *'Archeometallurgie', Een onderzoek naar de ijzerproductie van drie locaties in de omgeving van Raalte*. IGBA rapport 2006-04, pp. 34

2007-01

Lisette M. Kootker (2007) *'The Roman Theatre in Ancient Nikopolis, Epirus, Greece', Degradation or preservation; an Archaeometric Approach*. IGBA rapport 2007-01, pp. 110

2007-02

R. Abdulfattah (2007) *Detecting Pleistocene Cover Sand by Means of Different Geophysical Techniques*. IGBA-rapport 2007-02, pp. 28

2007-03

R. Abdulfattah (2007) *The Applications of Geophysics in Investigating Burial Mounds and Urnfields in the Netherlands*. IGBA rapport 2007-03, pp.30

2007-04

M. Theelen (2007) *Chemical analysis of Roman bronzes from Naaldwijk*. IGBA rapport 2007-04, pp.79

2007-05

Lisette M. Kootker (2007) '*On the binders of mortars from Nikopolis, Greece*'. *A physico-chemical characterization in view of their conservation* IGBA-rapport 2007-05, pp. 79

2007-06 vervallen

2007-07

Drs. Saddha (A.G.F.M.) Cuijpers (2007) *Histologische soortdeterminatie van drie verbrande botfragmenten uit het Laatpaleolithicum*. IGBA rapport 2007-07, pp.10

2008-01

A.H.L. Storme (2008) '*The landscape at Zakynthos*'. *Detailed geomorphological description of the south-eastern part of the Vassilikos Peninsula*. IGBA rapport 2008-01, pp. 246

2008-02

Michel Vorenhout (2008) *Grondwaterstand en -kwaliteit rond twee verschillende ingekuilde wrakken (25H-20 en -21, Almere)*. IGBA rapport 2008-02, pp.16

2008-03

M. Tendürüs (2008) *Earthquakes and archaeology. A case study in Zakynthos, Greece: Quantification of the influence of seismic activities on the archaeological remains*. Research Project Landscape Archaeology, Vrije Universiteit Amsterdam, Institute for Geo- and Bioarchaeology IGBA rapport 2008-03, pp. 48.

2008-04

Renee van der Locht & Henk Kars (2008) *Stabiele stikstof en koolstof isotopen als indicatie voor paleodiet in Middeleeuws Vlaardingen*'. IGBA-rapport 2008-04, pp. 32

2008-05

Michiel Dekker (2008) '*Applications of Light Stable Isotopes to Archaeology: Three Case Studies Addressing Diet, Seasonality & Climate*'. *Palaeodiet, Palaeoclimate and Migration: Stable Isotope Analysis of Human Remains at the Anglo-Saxon Cemetery at Ely, United Kingdom. Seasonal Variations Observed in Modern Red Deer Teeth from Tolna, Hungary. Seasonal Variations around the Pleistocene-Holocene Transition Observed in Red Deer Teeth from Pupicina, Croatia*. IGBA rapport 2008-05, pp. 123.

2008-06

Michel Vorenhout (2008) *Veenterpen Matsloot-Roderwolde en Peizer- & Eeldermaden: beperkte nulmeting en advies voor monitoring*. IGBA-rapport 2008-06, pp.30 + 3 kaarten

2008-07

Annelies Koopman (2008) *Landscape Reconstruction around Neolithic Kom W, Fayum, Egypt; a Geo-Archaeological Approach*. IGBA-rapport 2008-07, pp. 208 + supplement

2008-08

Michiel Dekker & Renee van de Locht (2008). *Reconstruction of the Landscape around the Roman City of Nikopolis, Greece. An Integrated Study using Geomorphological and Geological Research combined with Archaeological Data and Soil Analysis*. IGBA rapport 2008-08, pp.294

2008-09

Renée van de Locht (2008). *Ancient Starch in Çatalhöyük and Kaman Kalehöyük, Turkey Morphology, distribution patterns and preservation conditions of starch granules in archaeological features and soils*. IGBA rapport 2008-09 pp. 100

2008-10

Renée van de Locht & Henk Kars (2008). *Herkomstbepaling door middel van Strontium en Zuurstof isotopen van 11^{de} eeuwse Vlaardingers*. IGBA rapport 2008-10, pp. 44.

2009-01

Lisette M Kootker (2009) *Herkomstbepaling door middel van strontium. Zuurstof en waterstof isotopen van een langgehoornd rund uit Rotterdam Wijnhaeve*. IGBA rapport 2009-01, pp.35.

2009-02

Saddha (A.G.F.M.) Cuijpers (2009) *Fysisch antropologisch onderzoek op crematieresten uit Ifteren, Roermond en Brunssum*. IGBA rapport 2009-02, pp. 14.

2009-03

Michel Vorenhout (2009) *Wuustegraaf/Hemmen A1.1-Monitoring 2006 en 2007*. IGBA-rapport 2009-03, pp 17.

2009-04

Saddha Cuijpers (2009) *Fysisch antropologisch onderzoek van de crematieresten uit het grafveld Groesbeek-Spoorlaan*. IGBA-rapport 2009-04, pp.18.

2009-05

Jan Graven, Inge de Kort, Myrsini Gkouma (2009) *PALEOLANDSCAPE HISTORY IN NORTH WESTERN GREECE: A multi-proxy analysis of lake sediments*. IGBA-rapport 2009-05, pp. 85

2009-06

Lisette M Kootker (2009) *Bodemkundig onderzoek van twee mogelijke Bronstijd inhumaties te Malden*. Instituut voor Geo- en Bioarcheologie, Vrije Universiteit Amsterdam IGBA-rapport 2009-06, pp.22.

2009-07

Lisette M Kootker & Steffen Baetsen (2009) *Fysisch antropologisch onderzoek Westmaas, locatie De Munnik*. Instituut voor Geo- en Bioarcheologie/Archeologisch Centrum Vrije Universiteit (ACVU) Vrije Universiteit Amsterdam. IGBA-rapport 2009-07, pp 27.

2009-08

Adriaan MJ de Kraker (2009) *Dijken en bewoning van de Polder van Dronthen in historisch perspectief*. IGBA-rapport 2009-08, pp.19.

2009-09

Lisette M. Kootker en Steffen Baetsen (2009) *Fysisch antropologisch onderzoek Purmerend – Plantsoengracht*. Instituut voor Geo- en Bioarcheologie/Archeologisch Centrum Vrije Universiteit (ACVU) Vrije Universiteit Amsterdam IGBA-rapport 2009-09, pp. 27.

2009-10

M. Tendürüs (2009) *Landscape evolution of the southern coastal plain of Zakynthos, Greece, since the Middle Holocene*. Master Thesis Landscape Archaeology, Vrije Universiteit Amsterdam, Institute for Geo- and Bioarchaeology. IGBA-rapport 2009-10, pp. 123.

2009-11

Lisette M. Kootker (2009) *Archeozoölogische rapportage van botmateriaal uit Sittard. Projecten Ursulinencomplex (27134) en Odagarage (16695)*, IGBA Rapport 2009-11, pp. 48.

2009-12

Ricardo Fernandes (2009) *Study on Roman and Merovingian copper alloyed artefacts. In soil corrosion processes and recycling practices*. Master thesis archaeometry. Institute for Geo- and Bioarchaeology. Vrije Universiteit Amsterdam. IGBA report 2009-12, pp. 219

2010-01

Kluiwing, S.J. & M. Vorenhout (2010) *Interdisciplinair onderzoek naar archeologie, geologie, hydrologie en conservering van het cultureel erfgoed in de ondergrond van het Stadshart van Vlaarding: een testonderzoek*. IGBA rapport 2010-01, pp.137.

2010-02

Van den Berg, M.M. & M. Vorenhout (2010) *Driel, De Breekenhof, monitoring van grondwaterspiegel archeologische vindplaatsen 2007-2010*. IGBA rapport 2010-02, concept.

2010-03

Kluiwing, S.J., A.M.J. de Kraker & S. Ijzerman (2010) *Interdisciplinair onderzoek naar cultuurhistorie, ecologie en aardkundige waarden van het landschap van het gebied Zilverackers, gemeente Veldhoven*. IGBA rapport 2010-03, concept.

2010-04

Kootker, L.M. (2010) *Fysisch antropologisch onderzoek van de skeletresten uit Etersheim*. IGBA rapport 2010-04, pp. 19

2010-05

Caspers, S.E. (2010) *Scrapheap Hallum; archaeometallurgical investigations of a 3rd century bronze hoard*. IGBA rapport 2010-05, pp. 153

2010-06

Kootker, L.M. & Altena, E. (2010) *Bioarcheologisch onderzoek van de menselijke resten uit Castricum-Oosterbuurt*. IGBA rapport 2010-06, pp. 41

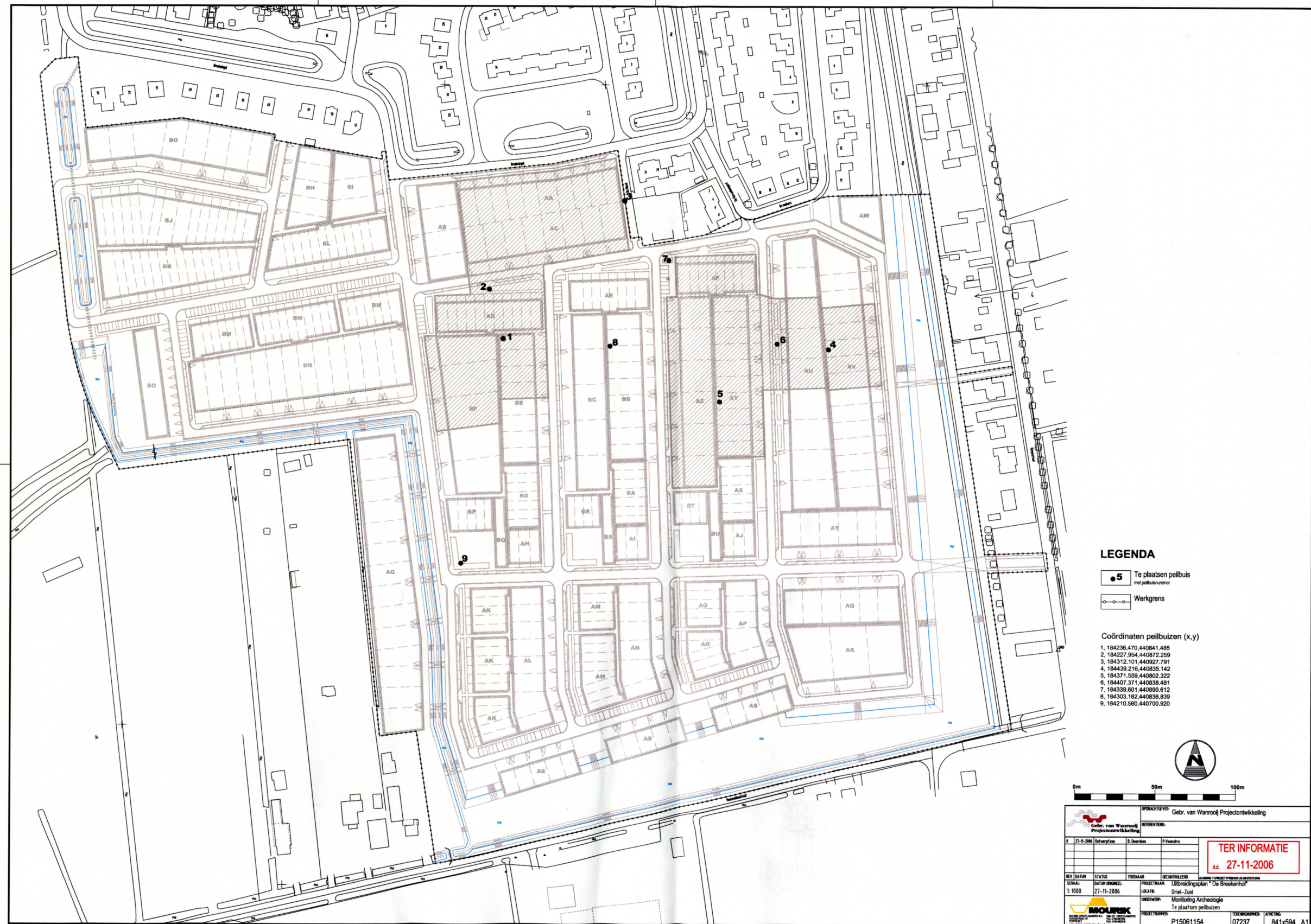
2010-07

Kootker, L.M. (2010). *Rapportage waardering en inventarisatie menselijk skeletmateriaal te Gilze, plangebied Kerkplein*. IGBA-Rapport 2010-07, pp.34

2010-08

Kootker, L.M. & Altena E. (2010). *Aanvullend onderzoek aan de onderkaak uit de sarcofaag uit Etersheim. Koolstof datering en aDNA onderzoek*. IGBA-Rapport 2010-08, pp. 22

Appendix A Locaties meetpunten freatische grondwaterstand Breekenhof



Appendix B Lithologische beschrijving boringen

tabel 4 Boorbeschrijving peilbuis 1, monsterwinning 4 april 2007

Monsternaam	Diepte tov maaiveld (cm)	Diepte tov NAP (cm)	lithologie	beschrijving
Pb1-dp1	0-40	835-795	Klei	Geelbruin
Pb1-dp2	40-95	795-740	Klei	Grijsbrijn, gley kenmerken
Pb1-dp3	95-150	740-685	Zandige klei	Oranjebruin
Pb1-dp4	150-344	685-491	Klei	Grijs, grijsgroen, zwarte spikkels
Pb1-dp5	>344	<491	Zand	

tabel 5 Boorbeschrijving peilbuis 2, monsterwinning 4 april 2007

Monsternaam	Diepte tov maaiveld (cm)	Diepte tov NAP (cm)	lithologie	beschrijving
Pb2-dp1	0-45	835-790	Klei	Oranjebruin, roest
Pb2-dp2	44-150	790-685	Klei	Grijsbruin, gley kenmerken
Pb2-dp3	150-200	685-635	Klei, zandfractie	Gley
Pb2-dp4	200-344	635-491	Zandige klei aan top, vette klei onderkant laag	Grijs, grijsgroen, zwarte spikkels
Pb2-dp5	>344	<491	Zand, siltfractie	bruin

tabel 6 Boorbeschrijving peilbuis 3, monsterwinning 12 april 2007

Monsternaam	Diepte tov maaiveld (cm)	Diepte tov NAP (cm)	lithologie	beschrijving
Pb3-dp1	0-30	835-805	Aarde, toplaag	Bruin
Pb3-dp2	30-93	805-742	Grof zand	Ophoogmateriaal
Pb3-dp3	93-160	742-675	Klei	Grijs, roest, gley
Pb3-dp4	160-190	675-645	Grof zand, kleifracie	Oranjebruin
Pb3-dp5	190-220	645-615	Klei-silt	Grijs
Pb3-dp6	220-388	615-447	Klei	Grijs, brokken veen en organische resten, stank
Pb3-dp7	>388	<447	Zand, kleiig	

tabel 7 Boorbeschrijving peilbuis 4, monsterwinning 3 april 2007

Monsternaam	Diepte tov maaiveld (cm)	Diepte tov NAP (cm)	Lithologie	Beschrijving
Pb4-dp1	0-30	839-809	Klei	Grijsbruin
Pb4-dp2	30-100	809-739	Klei	Bruinrood (vondstlaag?)
Pb4-dp3	100-155	739-684	Klei	Bruin (vondstlaag?)
Pb4-dp4	155-255	684-584	Klei	Grijs, grijsgroen
Pb4-dp5	>255	<584	Zand, kleifractie	Grijs

tabel 8 Boorbeschrijving peilbuis 5, monsterwinning 3 april 2007

Monsternaam	Diepte tov maaiveld (cm)	Diepte tov NAP (cm)	Lithologie	Beschrijving
Pb5-dp1	0-50	839-789	Klei	Grijsbruin
Pb5-dp2	50-147	789-692	Klei	Lichtbruin
Pb5-dp3	147-180	692-659	Klei, zandig	Grijs
Pb5-dp4	180-280	659-559	Kleig zand, fijn zand	Grijs
Pb5-dp5	>280	<559	Grof zand	Grijs

tabel 9 Boorbeschrijving peilbuis 6, monsterwinning 3 april 2007

Monsternaam	Diepte tov maaiveld (cm)	Diepte tov NAP (cm)	Lithologie	Beschrijving
Pb6-dp1	0-50	839-789	Klei	Bouwgrond
Pb6-dp2	50-135	789-704	Klei	Grijsbruin, gley
Pb6-dp3	135-215	704-624	Klei, zandfractie	Grijs
Pb6-dp4	215-275	624-564	Kleig zand	Grijs
Pb6-dp5	>275	<564	Zand	

tabel 10 Boorbeschrijving peilbuis 7, monsterwinning 4 april 2007

Monsternaam	Diepte tov maaiveld (cm)	Diepte tov NAP (cm)	Lithologie	Beschrijving
Pb7-dp1	0-47	835-788	Klei	Bruingrijs, taai
Pb7-dp2	47-90	788-745	Klei	Zwart, blauw-groen, taai, onderste 20 cm gley
Pb7-dp3	90-115	745-720	Klei	Geelgrijs, gley, taai, stukjes riet
Pb7-dp4	115-180	720-655	Klei	Bruingrijs, gley. Onderste 15 cm riet, restes veen en organsich zwart.
Pb7-dp5	180-220	655-615	Veen	
Pb7-dp6	220-283	615-552	Kleig veen-venige klei	Zwart, kleiger naar beneden
Pb7-dp7	>283	<552	Zand	

tabel 11 Boorbeschrijving peilbuis 8, monsterwinning 3 april 2007

Monsternaam	Diepte tov maaiveld (cm)	Diepte tov NAP (cm)	Lithologie	Beschrijving
Pb8-dp1	0-75	835-760	Klei	Geelbruin, roest
Pb8-dp2	75-150	760-685	Klei	Grijs, roest, gley
Pb8-dp3	150-200	685-635	Klei	Grijs, groen
Pb8-dp4	>200	<635	Klei, veen	Zwart

tabel 12 Boorbeschrijving peilbuis 9, monsterwinning 4 april 2007

Monsternaam	Diepte tov maaiveld (cm)	Diepte tov NAP (cm)	Lithologie	Beschrijving
Pb9-dp1	0-50	830-780	Klei	Bruin, grijze vlekken, roestvlekken, gley
Pb9-dp2	50-230	780-600	Klei	Grijsbruin, gley in de bovenste 80 cm
Pb9-dp3	230-250	600-580	Veen	
Pb9-dp4	250-260	580-570	Zandige klei	Grijsbruin
Pb9-dp5	>260	<570	Zand, silt	Bruin

Appendix C Grondwateronttrekkingen

Jaar	X-coördinaat	Y-coördinaat	ID nr	Type	Bedrijf	Onttrekkingsadres	Onttrekking	Onttrekking m3/jaar
2009	183970	440700	37040441	Beregening	Lamers J P V	Hoenveldsestraat 8	WVP1	4275
2009	184890	440840	37040351	Industrie	BALTUSSEN CONSERVENFABR. BV	HONINGVELDSESTRAAT 7	WVP2	158998
2009	183370	440610	37040481	Beregening	LAMERS J P V	HOENVELDSESTRAAT 8	WVP1	2043
2008	185460	442375	37040461	Beregening	Speijers W A H	Drielse Rijndijk 99	WVP1	0
2008	184700	441130	37042993	Bronbemaling	MOURIK GROOT AMMERS BV	VOGELWIKKE 0	?	16972
2008	184890	440840	37040351	Industrie	BALTUSSEN CONSERVENFABR. BV	HONINGVELDSESTRAAT 7	WVP2	171714
2008	183970	440700	37040441	Beregening	Lamers J P V	Hoenveldsestraat 8	WVP1	2430
2008	183555	441180	37040471	Beregening	Verplak J B	Vredesteinstraat 1	WVP1	0
2008	183370	440610	37040481	Beregening	LAMERS J P V	HOENVELDSESTRAAT 8	WVP1	1208
2008	183956	440113	37043143	Bronbemaling	BRUIL/KWS COMBINATIE	Uilenburgsestraat E O 0	?	40670
2008	183180	439550	37040012	Drinkwater	VITENS GELDERLAND	PS FIKKERSDRIES 0	WVP2	10802161
2007	183940	441200	37042823	Bronbemaling	MOURIK GROOT-AMMERS BV	De Breekenhof	?	63246
2007	184300	440900	37040861	Industrie	ENECO ENERGIE LEVERING BV	De Breekenhof	?	infiltratie
2007	184890	440840	37040351	Industrie	BALTUSSEN CONSERVENFABR. BV	HONINGVELDSESTRAAT 7	WVP2	130462
2007	183370	440610	37040481	Beregening	LAMERS J P V	HOENVELDSESTRAAT 8	WVP1	2394
2007	183970	440700	37040441	Beregening	Lamers J P V	Hoenveldsestraat 8	WVP1	2655

Appendix D Ph bepalingen

tabel 13 pH bepalingen bodem peilbuis 1 (demi-water), monsterwinning 4 april 2007

Monsternaam	Diepte tov maaiveld (cm)	Diepte tov NAP (cm)	pH1	pH2
Pb1-dp1	0-40	835-795	5,60	6,34
Pb1-dp2	40-95	795-740	6,35	7,22
Pb1-dp3	95-150	740-685	7,60	7,99
Pb1-dp4	150-344	685-491	7,60	7,80
Pb1-dp5	>344	<491	7,80	7,72

tabel 14 pH bepalingen bodem peilbuis 2 (demi-water), monsterwinning 4 april 2007

Monsternaam	Diepte tov maaiveld (cm)	Diepte tov NAP (cm)	pH1	pH2
Pb2-dp1	0-45	835-790	5,90	6,80
Pb2-dp2	44-150	790-685	6,55	6,78
Pb2-dp3	150-200	685-635	7,75	7,53
Pb2-dp4	200-344	635-491	7,80	7,57
Pb2-dp5	>344	<491	7,90	7,75

tabel 15 pH bepalingen bodem peilbuis 3 (demi-water), monsterwinning 12 april 2007

Monsternaam	Diepte tov maaiveld (cm)	Diepte tov NAP (cm)	pH1	pH2
Pb3-dp1	0-30	835-805	7,90	7,50
Pb3-dp2	30-93	805-742	8,30	7,44
Pb3-dp3	93-160	742-675	7,70	7,27
Pb3-dp4	160-190	675-645	7,70	7,13
Pb3-dp5	190-220	645-615	7,90	7,60
Pb3-dp6	220-388	615-447	7,90	7,60
Pb3-dp6II	220-388	615-447	8,00	7,60
Pb3-dp7	>388	<447	7,80	7,67

tabel 16 pH bepalingen bodem peilbuis 4 (demi-water), monsterwinning 3 april 2007

Monsternaam	Diepte tov maaiveld (cm)	Diepte tov NAP (cm)	pH1	pH2
Pb4-dp1	0-30	839-809	5,20	5,80
Pb4-dp2	30-100	809-739	7,00	7,34
Pb4-dp3	100-155	739-684	7,40	7,33
Pb4-dp4	155-255	684-584	8,00	7,60
Pb4-dp5	>255	<584	7,70	7,70

tabel 17 pH bepalingen bodem peilbuis 5 (demi-water), monsterwinning 3 april 2007

Monsternaam	Diepte tov maaiveld (cm)	Diepte tov NAP (cm)	pH1	pH2
Pb5-dp1	0-50	839-789	7,00	7,50
Pb5-dp2	50-147	789-692	8,00	7,93
Pb5-dp3	147-180	692-659	8,10	7,52
Pb5-dp4	180-280	659-559	7,99	7,65
Pb5-dp5	>280	<559	7,83	7,50

tabel 18 pH bepalingen bodem peilbuis 6 (demi-water), monsterwinning 3 april 2007

Monsternaam	Diepte tov maaiveld (cm)	Diepte tov NAP (cm)	pH1	pH2
Pb6-dp1	0-50	839-789	5,87	6,23
Pb6-dp2	50-135	789-704	7,95	7,77
Pb6-dp3	135-215	704-624	8,00	7,74
Pb6-dp4	215-275	624-564	7,85	7,21

tabel 19 pH bepalingen bodem peilbuis 7 (demi-water), monsterwinning 4 april 2007

Monsternaam	Diepte tov maaiveld (cm)	Diepte tov NAP (cm)	pH1	pH2
Pb7-dp1	0-47	835-788	7,21	7,42
Pb7-dp2	47-90	788-745	6,45	6,60
Pb7-dp3	90-115	745-720	7,40	7,55
Pb7-dp4	115-180	720-655	7,40	7,30
Pb7-dp5	180-220	655-615	7,10	7,11
Pb7-dp6	220-283	615-552	7,20	7,02
Pb7-dp7	>283	<552	7,75	7,66

tabel 20 pH bepalingen bodem peilbuis 8 (demi-water), monsterwinning 3 april 2007

Monsternaam	Diepte tov maaiveld (cm)	Diepte tov NAP (cm)	pH1	pH2
Pb8-dp1	0-75	835-760	6,40	6,55
Pb8-dp2	75-150	760-685	6,62	7,13
Pb8-dp3	150-200	685-635	7,05	6,99
Pb8-dp4	>200	<635	7,11	7,40

tabel 21 pH bepalingen bodem peilbuis 9 (demi-water), monsterwinning 4 april 2007

Monsternaam	Diepte tov maaiveld (cm)	Diepte tov NAP (cm)	pH1	pH2
Pb9-dp1	0-50	830-780	6,56	6,80
Pb9-dp2	50-230	780-600	7,16	7,22
Pb9-dp3	230-250	600-580	7,56	7,46
Pb9-dp4	250-260	580-570	7,61	7,73
Pb9-dp5	>260	<570	7,72	7,38

tabel 22 pH bepalingen bodem peilbuis 2 (0,01M CaCl₂), monsterwinning 16 juli 2007

Monsternaam	Diepte tov maaiveld (cm)	Diepte tov NAP (cm)	pH1	pH2
Pb2-diepte1	27-42	863-850	7,22	7,00
Pb2-diepte2	40-54	850-835	6,46	5,72
Pb2-diepte3	55-70	835-820	6,85	7,04
Pb2-diepte4	75-90	815-800	7,30	7,18
Pb2-diepte5	95-110	795-780	6,98	6,64
Pb2-diepte6	150-165	740-725	7,43	7,37
Pb2-diepte7	165-180	725-710	7,42	7,50
Pb2-diepte8	190-200	700-690	7,38	7,45
Pb2-diepte9	215-230	675-660	7,51	7,48

tabel 23 pH bepalingen bodem peilbuis 5 (0,01M CaCl₂), monsterwinning 27 juni 2007

Monsternaam	Diepte tov maaiveld (cm)	Diepte tov NAP (cm)	pH1	pH2
Pb5-diepte1	0-10	884-874	7,66	7,70
Pb5-diepte2	25-35	859-849	7,26	7,44
Pb5-diepte3	45-60	839-824	7,30	7,18
Pb5-diepte4	60-75	824-809	6,97	6,73
Pb5-diepte5	72-87	812-797	7,22	7,23
Pb5-diepte6	85-100	799-784	7,13	7,14
Pb5-diepte7	120-133	764-751	7,14	7,19
Pb5-diepte8	147-162	737-722	7,58	7,60
Pb5-diepte9	170-185	714-699	7,55	7,56
Pb5-diepte10	210-225	674-659	7,72	7,73

tabel 24 pH bepalingen bodem peilbuis 7 (0,01M CaCl₂), monsterwinning 27 juni 2007

Monsternaam	Diepte tov maaiveld (cm)	Diepte tov NAP (cm)	pH1	pH2
Pb7-diepte1	0-10	910-900	6,80	6,85
Pb7-diepte2	25-40	885-870	7,29	7,20
Pb7-diepte3	50-66	860-844	6,78	6,92
Pb7-diepte4	63-78	847-832	7,02	7,32
Pb7-diepte5	75-90	835-820	6,01	6,03
Pb7-diepte6	95-110	815-800	6,31	6,38
Pb7-diepte7	117-132	793-778	6,38	6,59
Pb7-diepte8	140-155	770-755	6,63	6,82
Pb7-diepte9	160-175	750-735	6,63	6,59
Pb7-diepte10	185-200	725-710	6,67	6,62
Pb7-diepte11	215-230	695-680	6,79	6,71

tabel 25 pH bepalingen bodem peilbuis 9 (0,01M CaCl₂), monsterwinning 16 juli 2007

Monsternaam	Diepte tov maaiveld (cm)	Diepte tov NAP (cm)	pH1	pH2
Pb9-diepte1	10-25	890-875	6,75	7,00
Pb9-diepte2	50-65	850-835	7,41	7,46
Pb9-diepte3	70-85	830-815	6,68	6,76
Pb9-diepte4	95-110	805-790	6,58	6,66
Pb9-diepte5	127-142	773-758	6,92	6,54
Pb9-diepte6	150-165	750-735	6,68	6,55
Pb9-diepte7	170-185	730-715	7,21	7,3
Pb9-diepte8	195-210	705-690	7,26	7,25
Pb9-diepte9	220-235	680-665	7,08	6,82
Pb9-diepte10	245-260	655-640	6,97	7,07